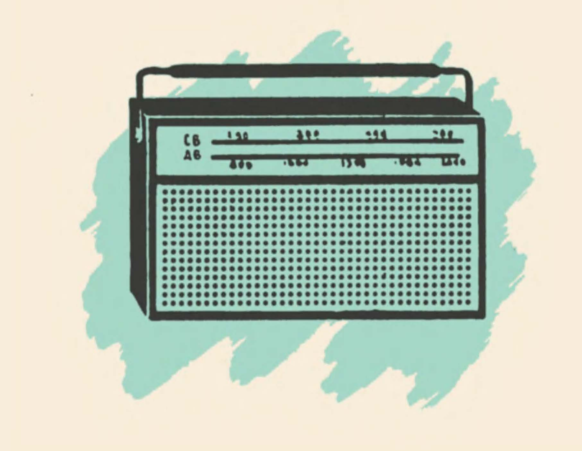




А. Г. Соболевский

ТВОЙ ПЕРВЫЙ РАДИОПРИЕМНИК





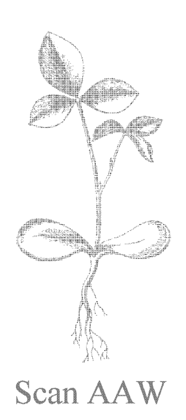
·ЭНЕРГИЯ·

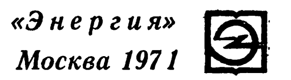
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 738

А. Г. Соболевский

ТВОЙ ПЕРВЫЙ РАДИОПРИЕМНИК





«Энергия»
Москва 1971

6Ф2.124
С 54
УДК 621.396.62

Соболевский А. Г.

С 54 Твой первый радиоприемник, М., «Энергия», 1971.

64 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 738).

Постройка первого радиоприемника — это, по существу, твои первые шаги в радиолюбительстве. Ведь чтобы построить приемник, надо и чуть-чуть разбираться в радиотехнике, и уметь читать схемы, и хорошо паять, и иметь представление о современном монтаже, и уметь производить хотя бы простейшие электрические измерения, и самое главное — не отчаиваться, если собранный приемник (на который затрачено столько труда!) почему-то не хочет работать, а, вернее, хочет, чтобы его наладили. Словом, в этой книге рассказано обо всем, что должен знать и уметь начинающий радиолюбитель, а также приведено описание транзисторного приемника, который ты сможешь построить.

3-4-5 / 332-70 6Ф2.124

Соболевский Анатолий Георгиевич

Твой первый радиоприемник

Редактор *Л. М. Коношенко*
Технический редактор *Л. А. Пантелеева*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*
Корректор *Н. В. Лобанова*

Сдано в набор 18/XI 1969 г. Подписано к печати 13/X 1971 г.
Т-16807. Формат 84×108 1/32. Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 4,53. Тираж 150 000 экз.
Цена 19 коп. Заказ 1486

Издательство «Энергия».
Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

Ты любишь радио?

Ты, наверное, любишь мечтать? Я очень люблю. В детстве у меня была прямо-таки грандиозная мечта: построить радиоуправляемый корабль, установить на нем телевизионную камеру и отправить его в кругосветное плавание! Мечтал, как буду сидеть дома перед телевизором, руки мои будут лежать на штурвале, рядом — морские карты, и я, вглядываясь в экран, буду вести корабль через пролив Магеллана или среди экзотических островов Тихого океана. И я отважно взялся за чтение книг по кораблестроению, судовым двигателям, увлекался описаниями морских путешествий. Но скоро обнаружил, что о том, как построить модель корабля, написано много книг, а вот книг о радиоуправлении почти не было. В то время, а это было начало сороковых годов, вопросы радиотелемеханики (управления по радио) были разработаны еще слабо и о них было мало написано. И как-то случилось, что постепенно все мое внимание сосредоточилось на радиотехнике, автоматике, телевидении. Потом я, конечно, понял, что никогда не смогу построить такой корабль, что для его постройки нужны усилия десятков научно-исследовательских институтов, но интерес к радиотехнике не угас. Я стал радиолюбителем, а потом и радиоспециалистом.

Видишь, мечтал о морских путешествиях, а стал радиолюбителем! А ты, наверное, мечтаешь о космических путешествиях? Прислушайся к своим мечтам, постарайся уловить в них признаки того, что определит твою судьбу. И если, мечтая о полете в космическом корабле, ты нет-нет, да задумаешься над тем, как связаться с Землей, как передать из космоса телеизображение, как сделать радиоуправляемой исследовательскую ракету, чтобы послать ее на огнедышащий Меркурий, а потом, читая описания полетов космонавтов, невольно начнешь искать ответы на эти вопросы, то значит, тебя влечет к себе радиотехника и тебе суждено стать радиолюбителем.

Впрочем, нет каких-либо определенных и обязательных признаков, по которым можно безошибочно определить, надо ли тебе непременно стать радиолюбителем. Я знаю многих людей, которые не только мечтали стать радиолюбителями, но занимались постройкой приемников, и все же скоро отошли от этого увлечения. Потому что радиолюбительство — это не просто мечты. Чтобы стать радиолюбителем, надо много знать и уметь, а знания и умение не приходят просто так — без труда и упорства. Вот почему в радиолюбительство нет столбовой, удобной для

всех дороги, а каждый приходит своим трудным и одновременно увлекательным путем.

Но позвольте, — спросишь ты, — чем же занимаются радиолюбители? Ну, построил приемник, другой, наконец, самый сложный и совершенный, а что дальше? Телевизор? Хорошо, построил отличный телевизор, потом магнитофон. И все! Да, есть еще радиоспорт! Хорошо, стал коротковолновиком. . .

Все! Предел мечтаний! Ведь больше уже нечем заниматься, все есть: и приемник, и телевизор, и магнитофон. . .

Могу тебя уверить, что если бы радиолюбители только стремились сделать приемник, телевизор или магнитофон, то радиолюбительство давно бы исчезло. Ведь значительно проще купить все эти вещи в магазине, да это и обойдется не на много дороже, чем сделать их самостоятельно. Но обрати внимание: сейчас, когда радиоприемники, телевизоры и магнитофоны всегда есть в продаже, число радиолюбителей непрерывно возрастает. Казалось бы, должно быть наоборот, — стоит ли делать приемник самому, если его можно купить почти за те же деньги? В чем же дело? Почему тираж журнала «Радио» все время увеличивается и достиг уже миллиона?!

Дело в том, что радиолюбители — это не те люди, которые хотят только слушать радио или смотреть телевизор. Радиолюбителя подталкивает вперед не стремление слушать радиопередачи (в подавляющем большинстве случаев у него в квартире уже есть радиоприемник), а его увлекает сам процесс постройки и налаживания радиоприемника, возможность экспериментировать со схемами, внести в них что-то своё. Поэтому настоящие радиолюбители после того, как они овладеют конструированием радиоприемников, телевизоров и прочей бытовой радиоаппаратуры, отправляются на «свободный поиск» — ищут пути применения радиотехники в науке, технике и народном хозяйстве. Вот где необозримое поле деятельности! Вот где простор для творчества, изобретательности, вот где можно поработать по-настоящему!

Действительно, радиоэлектроника сейчас вторгается буквально во все области науки и техники, причем это вторжение оказывает самое благоприятное действие. Уже сегодня радиоэлектроника — это мозг, нервы, глаза и уши самых различных технических устройств. В любой лаборатории, на заводах, в больницах и даже в художественных институтах — всюду увидишь самые разнообразные радиоэлектронные приборы. Радиотехника давно уже перестала заниматься только радиосвязью. Даже само понятие «радиотехника» стало несколько старомодным — не очень ясно, что оно подразумевает. Из радиотехники выделились десятки разделов, превратившиеся в электронику, радиоэлектронику, технику радиоприема и передачи, вычислительную технику, телевидение, звукозапись и пр. Каждая из этих областей в свою очередь продолжает дробиться, раскрывая перед учеными и изобретателями все новые возможности.

Теперь ты понимаешь, сколь неограничены возможности радиолюбителя! В любой отрасли науки и техники, будь то медицина, автомобилестроение, физика, авиация, химия — разве все перечислить! — он желанный изобретатель и советчик. Он может предложить оригинальный способ измерения любых процессов, автоматизировать управление ими, создать их электронные модели.

Но... чтобы экспериментировать и изобретать нужны знания. И прежде всего надо знать электро- и радиотехнику.

Впрочем, не все начинающие радиолюбители убеждены в необходимости изучать радиотехнику. Встречаются эдакие «умельцы», которые не утруждают себя чтением учебников, а предпочитают слепо копировать готовые схемы. Почти не вникая в смысл того, что делают, они паяют схемы, следуя рекомендациям, приведенным в описании, подкручивают сердечники катушек индуктивности, и если приемник хоть чуть-чуть подает голос, то они вполне им довольны. Если же приемник упрямится, то они обвиняют в этом схему, спешат разыскать другую, более «надежную», и начинают все сначала. Некоторым из них удается построить даже сложные супергетеродинные приемники и телевизоры, но эти люди многого не добьются, так как всегда держатся за чужие схемы и все их радиолюбительство сводится к унылому подражательству. Вот уж действительно, таким «любителям» лучше купить радиоприемник в магазине!

Фантазия, творчество, поиск не могут питаться одними мечтами, одним стремлением создать «что-нибудь» свое. Если ты ничего не знаешь, то ничего не создашь. Ведь надо не только быть смелым в творчестве, но и хорошо знать обширный арсенал радиоэлектроники. Как художник умеет из бесчисленных цветовых оттенков найти самый нужный, так и ты должен из множества схем отобрать именно ту, которая нужна. А для этого надо знать основные радиотехнические схемы и те принципы, по которым они работают. Ибо множество внешне совершенно различных радиоэлектронных аппаратов работают по одним и тем же законам, и их схемы во многом похожи. Если же ты не знаешь этих основных схем, то всякий раз придется изобретать уже изобретенное, или, как говорят, «открывать Америку».

Начинающие радиолюбители часто спрашивают: — Как быстро изучить радиотехнику? К сожалению, «быстро» это сделать невозможно. Более того, вообще нет смысла сначала «быстренько постигнуть теорию радиотехники», а уже потом заниматься собственно радиолюбительством. Такой подход к изучению радиотехники ничего, кроме разочарования, не принесет. Усваивать теорию надо постепенно и обязательно попутно с изготовлением практических конструкций. Только тогда законы и формулы радиотехники станут для тебя осязаемы и знание их принесет пользу. А для этого надо твердо придерживаться правила: не начинать строить и налаживать конструкцию до тех пор, пока ты не разберешься теоретически в ее работе, пока отчетливо не представишь себе взаимодействие ее отдельных узлов. Не смущайся, если для этого тебе придется кое-что почитать и кое над чем подумать, это и будет изучением радиотехники! Не жалей на это времени! Ведь если ты хорошо разберешься в работе данной схемы, то позднее, встретив в другой конструкции элементы этой схемы, уже будешь знать, как они работают, и тогда все внимание можно будет сосредоточить на новом, пока неизвестном. Таким образом ты всегда будешь идти вперед. А это даст тебе самостоятельность, без которой немыслим изобретатель.

Как обойтись без проводов?

Итак, начнем с радиотехники и попытаемся разобраться в том, как осуществляется радиосвязь. Собственно, вся прелесть радиосвязи заключается в том, что можно обойтись без проводов. Нужны лишь передатчик и приемник, которые связаны между собой не проводами (как, например, это сделано в телефонии), а электромагнитными волнами, которые передатчик излучает, а приемник принимает.

Но что такое электромагнитные волны? Люди смогли ответить на этот вопрос только сравнительно недавно, хотя с электромагнитными волнами они были знакомы очень и очень давно: ведь свет — это тоже электромагнитные волны или электромагнитные колебания. И первый, кто высказал подобную догадку, был знаменитый Майкл Фарадей — это было в 1845 г. А вот другой знаменитый англичанин, Максвелл, через несколько лет уже смог объяснить, что такое электромагнитные колебания.

Возможно, ты уже знаешь, что электрический заряд, который имеется в каком-либо предмете, или электрический ток, представляющий собой движущиеся по проводнику электрические заряды, влияет на окружающее пространство. Между электрическими зарядами действуют силы, заставляющие заряды двигаться в пространстве, т. е. вокруг электрического заряда образуется поле. В существовании такого поля можно убедиться на самом простом опыте: потри эбонитовую палочку или пластмассовую расческу и поднеси ее к маленьким кусочкам бумаги — бумажки подпрыгнут и притянутся к палочке благодаря силам, действующим между электрическими зарядами, благодаря энергии электрического поля.

Но вокруг проводников, по которым движутся электрические заряды, т. е. проходит электрический ток, существует и магнитное поле. В этом тоже легко убедиться на опыте: помести рядом с проводом магнитную стрелку — она будет стремиться повернуться перпендикулярно направлению движения электрического тока.

Магнитные и электрические явления связаны друг с другом. Эта связь явственно проявляется в переменных магнитных и электрических полях. Если в пространстве имеется изменяющееся электрическое поле, например, созданное изменяющимся электрическим током, проходящим по проводу, то вокруг провода создается изменяющееся магнитное поле. И наоборот, если имеется изменяющееся магнитное поле, то возникает и изменяющееся электрическое поле. Заметь, что переменное электрическое поле создает переменное магнитное поле, которое в свою очередь создает переменное электрическое поле, а то опять создает переменное магнитное поле и т. д. Поля создают друг друга!

Но самое замечательное, что эти изменяющиеся поля могут «уходить» от создавшего их проводника с огромной скоростью, примерно 300 000 *км* в секунду.

Колебания характеризуются частотой и длиной волны. Почему «волны»? Да потому, что электромагнитные колебания несколько напоминают волны на поверхности воды от брошенного камня. Припомни: сначала вода под камнем подается вниз, потом вокруг возникает вал, который начинает распространяться во все стороны, а за этим первым валом следует впадина, потом новый вал

и т. д. Если в какой-либо точке поверхности воды, через которую проходят волны, подсчитать, сколько валов или впадин проходит за одну секунду, то полученное число будет равно частоте колебаний воды. То же самое и для электромагнитных колебаний, т. е. частота колебаний покажет, сколько раз в секунду изменяется электромагнитное поле. Частота колебаний — важнейшая характеристика электромагнитного поля.

Итак, чтобы создать электромагнитное поле, надо пропустить по проводу быстроизменяющийся (т. е. переменный, высокочастотный) ток. Провод, специально предназначенный для создания электромагнитных волн, радиотехники называют передающей антенной. Обычно антенну подвешивают на специальных высоких мачтах или шестах. Когда электромагнитные волны достигают какого-либо проводника, например, приемной антенны, то они возбуждают в этом проводнике электрические колебания той же частоты, что и сами электромагнитные колебания. Поэтому, если в передающей антенне проходит переменный ток с частотой, например, 150 *кгц* (150 тыс. *гц*), то и в приемной антенне проходит ток с частотой тоже 150 *кгц*. Конечно, ток в приемной антенне во много тысяч и даже миллионов раз слабее тока в передающей антенне, но все же он обязательно присутствует, если только электромагнитные волны, созданные передающей антенной, достигли приемой антенны. Правда, чем дальше друг от друга расположены антенны и чем больше препятствий пришлось преодолеть электромагнитным волнам (например, стены зданий), тем слабее ток в приемной антенне, но он обязательно в ней есть.

Ну, а что дальше? — спросишь ты. Очень хорошо: передающая и приемная антенны как бы связаны «проводом» из электромагнитных волн. Появился высокочастотный ток в передающей антенне, тут же появился ток и в приемной антенне, выключили ток в передающей антенне — прекратился ток и в приемной антенне. Действительно, это точно так же, как в проволочном телеграфе: нажал телеграфист ключ — побежал по проволоке ток и, пройдя на приемном пункте по электромагнитной катушке, заставил перо самописца прочертить на бумажной ленте черточку. Отпустил телеграфист ключ, ток в линии прекратился, а перо самописца отошло от ленты — черточка закончилась. Точка — тире, точка — тире, словом, азбука Морзе. И действительно, если как-нибудь приспособить к приемной антенне телеграфный самописец, то включая и выключая высокочастотный ток в передающей антенне, можно осуществить телеграфную радиосвязь азбукой Морзе. Но ведь по радио передают не только точки — тире, но и речь, музыку! Как же это происходит?

Что же, давай сначала вспомним, как передаются звуки в проволочной телефонии.

Что такое звуки? Это колебания воздуха, а их не передашь по проводам. Для этого их надо превратить в колебания электрического тока. И это не так сложно сделать — такое преобразование осуществляет обычный микрофон. Как он работает, ты знаешь. А на приемном пункте колебания электрического тока надо превратить в звуковые колебания — это осуществляется при помощи телефона.

Но в телефонии просто: соедини два пункта проводом, пропусти по нему ток, полученный от микрофона, и ты передашь

звуки на расстояние. А как на радио? Ведь если просто подключить телефонные провода к передающей антенне, ничего не получится.

Ничего не поделаешь, придется подвести к антенне ток высокой частоты, который, например, 500 тыс. раз в секунду достигает максимального значения и 500 тыс. раз — минимального. Если он каждый раз достигает одного и того же максимального и одного и того же минимального значения, т. е. постоянен по амплитуде

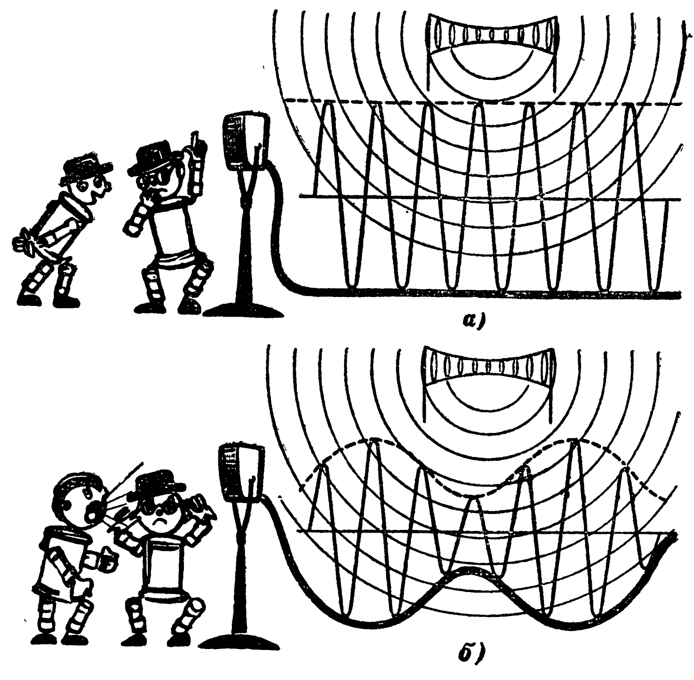


Рис. 1.

(рис. 1, *а*), то звуков на приемном конце ты не услышишь. Но изменяй его амплитуду со звуковой частотой, и ты получишь ток, который понесет на себе колебания звуковой частоты, несмотря на то, что ток останется высокочастотным (рис. 1, *б*). Подай его в передающую антенну — ты получишь высокочастотное электромагнитное поле, амплитуда которого будет изменяться со звуковой частотой. В приемной антенне также появится высокочастотный ток, но он будет изменяться не только с высокой частотой, но и со звуковой частотой. Далее надо только выделить колебания звуковой частоты, подать их на телефон, и мы услышим звук.

Выделение низкочастотной составляющей производит детектор. Как работает детектор, ты, вероятно, знаешь. Вспомни: существуют устройства односторонней электропроводимости, способ-

ные пропускать электрический ток только в одном направлении. Если через такое устройство пропустить высокочастотный ток, полученный из антенны, то на выходе устройства появятся только положительные, или только отрицательные (в зависимости от полярности включения детектирующего элемента) полупериоды напряжения высокой частоты, амплитуда которых меняется со звуковой частотой (рис. 2). Про такой сигнал говорят, что он имеет высокочастотную и низкочастотную составляющие. Чтобы затем разделить составляющие, надо воспользоваться их отличием друг

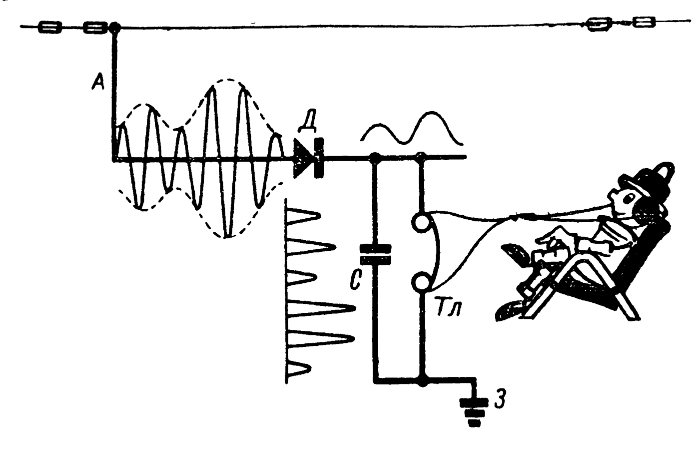


Рис 2.

от друга: ведь они различаются частотой. Значит, надо пропустить обе составляющие через устройство, отсеивающее колебания высокой частоты от низкой. Самым простым устройством такого рода может служить электрический конденсатор. Он не пропускает постоянный ток, так как его обкладки разделены диэлектриком (изолятором). Однако переменный ток конденсатор пропускает и тем лучше, чем выше его частота. Это и позволяет применить конденсатор в качестве фильтра для отделения низкочастотной составляющей от высокочастотной. Для этого конденсатор присоединяют параллельно телефонам (рис. 2). Высокочастотная составляющая, для которой конденсатор представляет очень малое сопротивление, проходит через конденсатор мимо телефонов, а низкочастотная, для которой сопротивление звуковых катушек телефонов много меньше сопротивления конденсатора, проходит через телефоны, и мы слышим звук.

Итак, радиопередача осуществляется следующим образом. На радиостанции перед микрофоном говорит диктор. Микрофон преобразует звуковые колебания воздуха в соответствующие колебания электрического тока. Эти колебания воздействуют на высокочастотный ток, изменяя его амплитуду в соответствии со звуковыми колебаниями. Этот процесс называется *модуляцией высокочастотных колебаний.* Модулированный высокочастотный ток поступает в антенну радиопередатчика и возбуждает электромаг-

нитные волны. Достигнув приемной антенны, эти волны вызывают появление в ней модулированного высокочастотного тока, который подводится к детектору. Детектор выделяет низкочастотную составляющую, представляющую собой электрический ток, по форме такой же, как ток от микрофона на радиостанции. Этот звуковой ток проходит через телефон, и мы слышим голос диктора.

Чудесно! Но предположим, тебе сейчас хочется послушать музыку, а не рассказ из жизни пионерского отряда. И, возможно, другая радиостанция сейчас и передает музыку. Как же услышать эту «другую» радиостанцию, а не ту, которую ты сейчас слышишь? Что для этого надо сделать?

Сердце радиоприемника

О, это сложный вопрос. Чтобы ответить на него, нам придется познакомиться с колебательным контуром. И начну я, что называется, издалека. Настолько издалека, что буду говорить не о радиотехнике, а о ... часовом маятнике!

Вспомни, как работает маятник часов. Когда маятник неподвижен, он находится в среднем положении. Чтобы маятник пришел в движение, т. е. чтобы начались колебания, надо совершить некоторую начальную работу: сообщить маятнику определенную энергию, иначе говоря, сообщить ему запас потенциальной энергии, отклонив его. Если теперь убрать руку, то потенциальная энергия маятника начнет превращаться в кинетическую, т. е. энергию движения: маятник начнет двигаться.

Уверен, что ты все это знал и раньше и поэтому хочу попросить объяснить самому, почему маятник, вернувшись в исходное положение, не прекратил колебания? Ведь мы вывели его из этого положения и он, вернувшись в него, казалось бы, должен был успокоиться!

Если ты сумеешь ответить сам — хорошо, а если затрудняешься, то учти следующее. В физике существует закон, который говорит, что энергия не может исчезнуть. Мы затратили энергию, переместив маятник в крайнее положение, а маятник, возвращаясь в положение равновесия, не затрачивал энергии. Он лишь совершил превращение потенциальной энергии в кинетическую, — приобрел скорость, причем в положении равновесия скорость его максимальная, так как вся потенциальная энергия перешла в кинетическую — в энергию движения. Если бы маятник в этот миг остановился, то это означало бы, что его кинетическая энергия вдруг исчезла. Это произойти не может, поэтому маятник проходит положение равновесия и начинает расходовать кинетическую энергию на подъем в противоположное крайнее положение, т. е. совершает новое превращение энергии, но теперь уже кинетической в потенциальную. Скорость движения маятника постепенно уменьшается и в крайнем положении падает до нуля. Затем начинается обратный процесс, в результате которого маятник переместился сначала в положение равновесия, а потом в крайнее положение, совершив тем самым полный цикл колебания. Запомни, пожалуйста, это выражение: *полный цикл колебания.*

Если бы маятнику ничто не мешало, то он колебался бы вечно. Но для этого надо, чтобы вся потенциальная энергия, сообщенная

маятнику, полностью переходила в кинетическую и обратно, т. е. отсутствовали бы потери энергии при колебаниях. К сожалению, в действительности потери всегда имеются: на трение в точках подвески маятника, на преодоление сопротивления воздуха и пр. Поэтому, после нескольких качаний, маятник израсходует на эти потери всю сообщенную ему энергию и остановится в положении равновесия.

Запомни, пожалуйста, и это: *потери вызывают затухание колебаний.*

Впрочем, ты наверно уже недоумеваешь — зачем это он так распространяется о маятнике? Обещал помочь разобраться в радиотехнике, а разговорился о механике! Должен предупредить тебя, что в каждом радиоприемнике тоже есть маятник! Да, да, маятник! Он — сердце радиоприемника! И если ты не поймешь, как он работает, то вообще ничего не поймешь в радиотехнике. Поэтому потерпи немного!

Когда маятник колеблется сам по себе, то говорят: он совершает свободные колебания. Количество этих свободных колебаний в секунду — *частота колебаний* — зависит от скорости перехода одного вида энергии в другой и определяется длиной маятника: длинный маятник совершает медленные колебания, короткий — быстрые. Но колебания маятника могут быть не только свободными, но и вынужденными, — когда маятник колеблется под действием внешней силы, например, если его подталкивают.

Однако маятнику не безразлично, с какой частотой действует на него внешняя сила. Он «предпочитает» силу, которая действует на него с частотой, равной частоте его собственных свободных колебаний. В этом случае амплитуда (отклонение от положения равновесия) колебаний маятника становится максимальной. Такая «привередливость» маятника понятна: увеличение амплитуды колебаний происходит только в том случае, если внешняя сила воздействует на маятник в такт с его колебаниями. В противном случае, если частота подталкивания отличается от частоты свободных колебаний, то вначале сила подталкивает маятник в направлении его движения, а через несколько периодов она уже будет препятствовать его движению. Если же частота действия внешней силы и частота собственных колебаний маятника совпадают, то амплитуда колебаний будет все время увеличиваться, пока не достигнет наибольшей величины, при которой установится равенство между энергией, сообщаемой маятнику внешней силой, и потерями.

Это явление носит название р е з о н а н с а. По латыни резонанс означает «отклик». И действительно, маятник как бы откликается на действие внешней силы. Резонанс играет в радиотехнике большую роль, поэтому поговорим о нем подробнее. Может быть, ты замечал, что если крикнуть около рояля, то он отзовется: зазвучит одна или несколько струн. Это происходит благодаря резонансу. Ты крикнул — твои голосовые связки заставили частицы воздуха колебаться с определенной частотой. Колебания воздуха передаются струнам рояля. Но те струны, собственные частоты которых не совпадают с частотой колебаний воздуха, почти не отзываются на эти колебания. А вот струна, собственная частота колебаний которой совпадает с частотой колебаний воздуха, приобретает большую амплитуду колебаний и начинает звучать сама — благодаря резонансу откликается на твой голос.

Заметь, откликается! Могут кричать люди с разными голосами, но струна будет молчать. И только когда крикнешь ты, струна отзовется. Она узнает твой голос среди других, потому что настроена на его частоту.

Ага, настроена! Это уже как в радиоприемнике!

В каждом радиоприемнике есть колебательный контур. Он состоит из индуктивности и емкости (рис. 3). Как ты знаешь, индуктивность создается катушкой индуктивности — витками провода, а емкостью (конечно, электрический) обладает конденсатор,

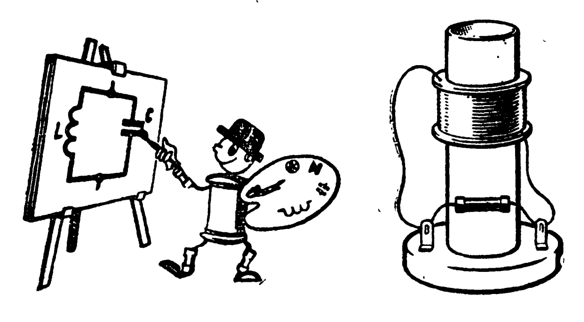


Рис. 3.

который в простейшем случае представляет собой две металлические пластины, находящиеся друг от друга на некотором расстоянии.

Колебательный контур — это самый настоящий маятник, только электрический. Он колеблется по тем же самым законам, что и часовой. Правда, колебания электрического маятника незаметны — маятник остается неподвижным. Колебания происходят внутри маятника, их совершает электрический ток.

Давай проделаем опыт: присоединим к электрической батарее конденсатор, а когда он зарядится, отключим батарею и вместо нее параллельно конденсатору присоединим катушку индуктивности (рис. 4).

Что значит: конденсатор зарядится? Это означает, что под действием разности потенциалов батареи часть электронов — отрицательных электрических зарядов — уйдет с пластины конденсатора, присоединенной к положительному полюсу батареи. На другой же пластине, присоединенной к отрицательному полюсу, накопятся электроны. Тем самым она станет отрицательно заряженной относительно первой пластины, т. е. конденсатор запасает определенную порцию электрической энергии.

Как только параллельно конденсатору будет присоединена катушка индуктивности, конденсатор начнет разряжаться, по проводу катушки от одной обкладки конденсатора к другой начнется движение электронов — пойдет электрический ток. Если бы вместо катушки индуктивности был взят прямой отрезок провода, то в момент соединения ток разряда был бы максимальным, а затем он постепенно уменьшился бы до нуля. Конденсатор разрядился бы, а запасенная им электрическая энергия израсходовалась на

преодоление электрического сопротивления провода (на нагрев провода). Разряд конденсатора через катушку индуктивности происходит иначе. Дело в том, что катушка индуктивности препятствует мгновенным изменениям тока в цепи, в которую она включена. Индуктивность можно уподобить массе. Ведь масса тела не дает ему возможности мгновенно изменить скорость. Видел ли ты когда-нибудь, чтобы автомобиль мгновенно срывался с места со скоростью 60 километров в час? Или мгновенно останавливался?

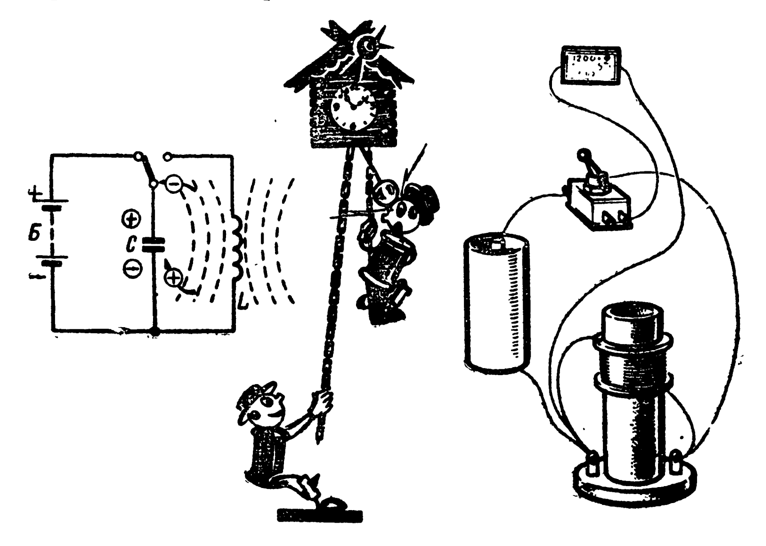


Рис. 4.

Даже если водитель намертво затормозил, и колеса не вращаются, автомобиль продолжает движение, пока не израсходует запасенную кинетическую энергию на преодоление трения заторможенных колес об асфальт. Вот так и индуктивность: она не позволяет току разряда конденсатора сразу достигнуть максимального значения, как это было бы при разряде конденсатора на прямой отрезок провода. Ток разряда нарастает постепенно, причем энергия расходуется на преодоление «инертности» индуктивности. В момент, когда конденсатор полностью разрядится, ток в цепи конденсатор — катушка индуктивности достигнет максимума.

Казалось бы, на этом все должно и закончиться — ведь конденсатор разрядился. Но ток в колебательном контуре достиг максимума! Он не может мгновенно исчезнуть, — не позволит индуктивность, подобно тому, как масса препятствует мгновенной остановке тела. Иными словами, к моменту полного разряда конденсатора индуктивность как бы вбирает в себя всю энергию и запасает ее в виде магнитного поля. Затем она начинает отдавать эту энергию, поддерживая ток в колебательном контуре. Поэтому после разряда конденсатора ток в контуре не исчезает мгновенно,

а спадает постепенно, причем в это время происходит перезаряд конденсатора. Перезаряд происходит потому, что если во время заряда происходил перенос отрицательных зарядов с нижней обкладки конденсатора на верхнюю, то после разряда заряды под действием тока в контуре начнут накапливаться на верхней обкладке и теперь она станет отрицательной (рис. 4).

Когда ток в контуре уменьшится до нуля, конденсатор окажется полностью перезаряженным и начнется новый разряд конденсатора, причем ток разряда теперь будет иметь противоположное направление, и т. д.

Вспомни колебания часового маятника. Часовому маятнику для возбуждения колебаний надо сообщить некоторую порцию энергии. В колебательном контуре для этого надо запасти в конденсаторе тоже какое-то количество электрической энергии. В маятнике потенциальная энергия переходит в кинетическую — в энергию движения маятника — и обратно, в колебательном контуре электрическая энергия конденсатора переходит в энергию магнитного поля катушки индуктивности и обратно. Мне кажется, сходство достаточно полное!

А раз так, то все, что я рассказывал о свободных и вынужденных колебаниях часового маятника, о его резонансе и настройке, — все это относится и к электрическому резонансному контуру. Только роль трения и сопротивления воздуха в колебательном контуре играет электрическое сопротивление провода катушки индуктивности. Роль же внешней силы, приводящей маятник в движение, играет электрическое напряжение, подводимое к контуру.

Если подвести к колебательному контуру переменный ток с частотой, равной собственной частоте колебательного контура, то подведенное напряжение будет как бы раскачивать контур в такт с его колебаниями (разумеется, электрически, в такт с колебаниями электрического тока в контуре!). При этом амплитуда колебаний тока в контуре будет наибольшей. В этом случае можно сказать, что колебательный контур настроен в резонанс с частотой внешнего переменного тока.

Чем же определяется частота настройки колебательного контура? Очевидно, емкостью конденсатора (способностью его запасать определенное количество электрической энергии — чем больше емкость, тем больше электрической энергии он может запасти) и величиной индуктивности («инерционностью» катушки). Чем больше емкость и индуктивность, тем продолжительнее цикл колебаний тока в контуре, тем ниже собственная частота контура. Изменяя емкость конденсатора — увеличивая или уменьшая размеры его обкладок, изменяя расстояния между его обкладками, можно изменять частоту настройки контура. То же самое происходит и при изменении индуктивности катушки контура. Индуктивность тем больше, чем больше число витков катушки. Кроме того, индуктивность катушки может быть увеличена введением в нее магнитного сердечника. Последнее очень выгодно, потому что в катушке с магнитным сердечником число витков меньше, чем в катушке без сердечника, для получения той же индуктивности. Такая катушка будет обладать меньшим электрическим сопротивлением, потери в ней будут меньше, следовательно, амплитуда колебаний в контуре с такой катушкой будет больше.

В радиоприемнике настройку контура производят изменением емкости конденсатора специальной конструкции. Такие конденса-

торы состоят из двух групп пластин. Одна группа неподвижно закреплена в корпусе конденсатора, другая, изолированная от первой, может вращаться. Подвижные пластины входят в промежутки между неподвижными (рис. 5). Чем глубже введены подвижные пластины в промежутки между неподвижными, тем больше емкость конденсатора. Изменение же положения пластин производится с помощью ручки настройки.

Посмотри теперь, что произойдет с колебательным контуром, если к нему подвести переменный ток с частотой, несколько отличающейся от собственной частоты контура. В этом случае амплитуда колебаний в контуре не достигнет такой величины, как в пре-

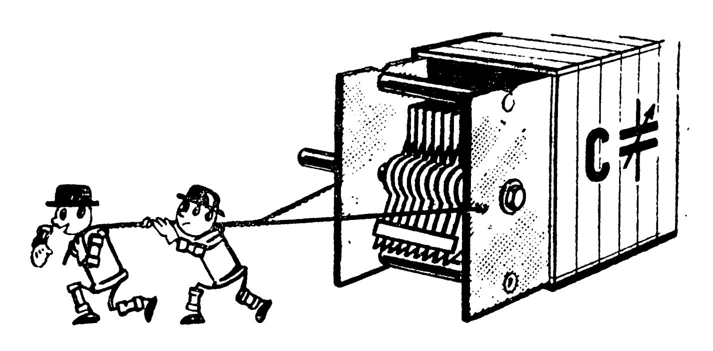


Рис. 5.

дыдущем случае, так как переменный ток такой частоты не будет точно в такт «подталкивать» колебания тока в контуре. Чем больше частота внешнего тока будет отличаться от частоты, на которую настроен контур, тем меньше будет амплитуда колебаний в контуре.

Вспомни: струна рояля, настроенная на твой голос, не отзывалась на голоса других людей. Вот так же и колебательный контур отзывается только на переменный ток той частоты, на которую он настроен. Токи с другими частотами не вызовут в нем колебаний.

Сейчас на Земле очень много радиостанций, самых различных: мощных и очень слабых, предназначенных для радиовещания и для служебных целей — для связи с кораблями, самолетами, поисковыми партиями и пр. Но частоты, на которых они работают, различны. Эти электромагнитные колебания в виде радиоволн достигают антенны приемника и возбуждают в ней высокочастотные токи «своей» частоты. Из антенны эти токи поступают в колебательный контур приемника.

Далее все зависит от того, на какую частоту настроен колебательный контур. Предположим, что он настроен на частоту какой-либо радиостанции. Тогда колебания, наведенные этой радиостанцией в антенне приемника, создадут колебания в контуре. Другие радиостанции, частоты которых близки к частоте, на которую настроен контур, тоже создадут в нем колебания, но амплитуды этих

колебаний будут много меньше. Контур выделит из всех колебаний, наведенных в антенне приемника, только те колебания, частота которых совпадает с его настройкой. Если надо перейти на прием другой радиостанции, то, поворачивая ручку настройки, изменяют емкость конденсатора контура. Когда собственная частота контура радиоприемника окажется равной частоте электромагнитных колебаний другой радиостанции, приемник начнет принимать ее сигналы.

Таким образом, колебательный контур как бы выбирает ту радиостанцию, на частоту которой его настраивают. Радиотехники называют эту способность колебательного контура избирательностью.

Самый простой приемник

Хочешь проверить на опыте все, о чем было рассказано? Тогда приступай к постройке настоящего радиоприемника. Да, да, радиоприемника, потому что если соединить вместе колебательный контур, детектор и телефон, то получится радиоприемник, хотя и самый простой, какой только можно придумать (кстати, такой приемник называется детекторным).

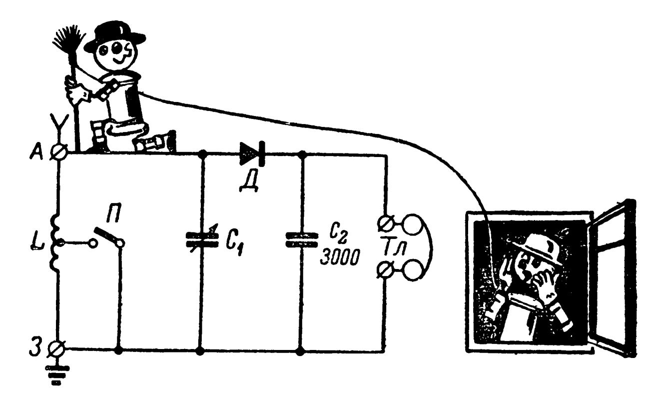


Рис. 6.

На рис. 6 изображена принципиальная схема такого приемника. Принципиальной она называется потому, что по ней легко разобраться в принципе работы радиоаппарата, проследить движение токов, узнать значения емкостей и сопротивлений. Принципиальная схема показывает электрические соединения деталей, не показывая их расположения на панели, крепления и т. п. Детали на принципиальной схеме показаны условными символами.

Существуют и другие схемы, например, монтажные, с которыми мы еще познакомимся.

Постройку приемника начнем с того, что подберем детали. Некоторые из них придется сделать самому: это катушка колебатель-

ного контура L и панель, на которой будут смонтированы, т. е. укреплены и соединены между собой проводами, детали. Остальные детали: оба конденсатора C_1 и C_2, диод детектора *Д* и телефон *Т* надо купить или попросить у какого-нибудь знакомого радиолюбителя — эти детали особой ценности не представляют и он тебе их даст, хотя бы на время. В качестве конденсатора C_1 можно взять сдвоенный блок конденсаторов переменной емкости (блок конденсаторов настройки) от какого-нибудь лампового радиоприемника, причем изменение емкости должно быть от 10—20 *пф* до 450—500 *пф* (рис. 6). Вообще-то нам нужен одинарный конденсатор переменной емкости, но достать такой трудно, поэтому легче применить блок конденсаторов, используя в нем только одну секцию. Возможно, тебе удастся достать малогабаритный блок конденсаторов настройки от транзисторного приемника (такие блоки часто бывают в продаже) с несколько иной емкостью (обычно 10—350 *пф*). Можно применить и такой блок, но тогда приемник не будет перекрывать весь радиовещательный диапазон.

Кстати, раз уж мы заговорили о диапазонах, то тебе надо иметь в виду, что радиовещательные станции работают только на следующих частотах: 150—415 *кгц* (длинноволновый диапазон) и 525—1 605 *кгц* (средневолновый диапазон). Радиовещательные станции работают еще в коротковолновом диапазоне (3 950—12 100 *кгц* или 3,95—12,1 *Мгц*) и в ультракоротковолновом диапазоне (65,8—73 *Мгц*), но наш приемник в этих диапазонах работать не может. Для работы в длинноволновом и средневолновом диапазонах надо изготовить катушку, которую с помощью переключателя *П* (см. принципиальную схему на рис. 6) можно включить для работы в том или другом диапазоне. Запомни, что чем больше витков провода содержит катушка, тем больше ее индуктивность и меньше резонансная частота колебательного контура (при той же емкости конденсатора C_1). Поэтому при работе в длинноволновом диапазоне включают все витки катушки, а для работы в средневолновом диапазоне индуктивность катушки надо уменьшить. Для этого часть ее витков замыкают переключателем *П*. При полностью включенной катушке изменение емкости конденсатора C_1 от 475 до 15 *пф* перестраивает колебательный контур по частоте от 150 до 408 *кгц*, а при замыкании части витков, при том же изменении емкости конденсатора C_1, колебательный контур перестраивается в пределах 525—1 605 *кгц*.

Конструкция катушки L показана на рис. 7.

Обмотка катушки состоит из двух секций. Сверху расположена «средневолновая» часть катушки. Она состоит из 76 витков провода диаметром 0,31 *мм* в эмалевой изоляции (марка провода ПЭЛ0,31). Эти 76 витков надо аккуратно и равномерно распределить на длине 32 *мм*. Вторая часть катушки, включаемая при приеме радиостанций, работающих в длинноволновом диапазоне, последовательно со «средневолновой» частью наматывается «внавал» тем же проводом (150 витков) между картонными «щечками». Каркас катушки вытачивается из какого-либо изоляционного материала (текстолита, гетинакса, полистирола, эбонита, оргстекла), причем желательно, чтобы каркас был полным — в виде трубки. Можно склеить каркас из бумаги, обернув ее в несколько слоев вокруг деревянной болванки, которую после высыхания клея вынимают. Концы обмоток припаивают к специальным проволочным скобкам, укрепленным на каркасе катушки так, как показано на рис. 7.

В качестве детектора подойдут полупроводниковые диоды типа Д1, Д2, Д9, Д10. Желательно диод предварительно проверить, но для этого нужен омметр — прибор для измерения сопротивления. Сопротивление диода в одном направлении должно быть около 200 *ом* или меньше, а в другом направлении, т. е. при перемене местами щупов омметра, — 200 *ком* (200 000 *ом*) и выше. Чем больше отношение этих сопротивлений, тем диод лучше.

Головной телефон должен быть высокоомным, типа ТОН-1 (ТОН-2), или другой, с сопротивлением в несколько килоом (сопротивление телефона ТОН-1 составляет 4 400 *ом*). Если использовать низкоомный телефон, то громкость приема будет малой.

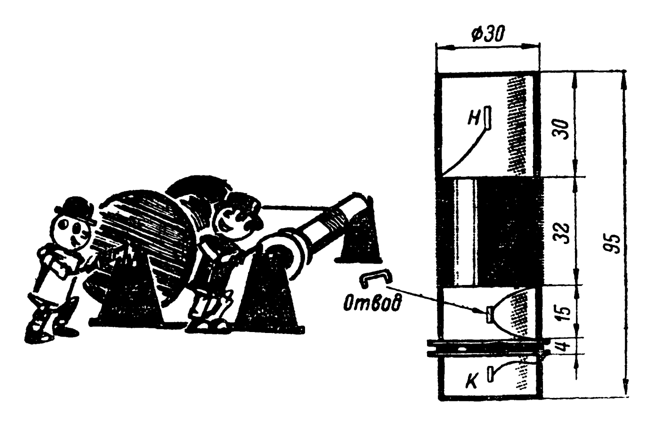


Рис. 7.

Когда детали подобраны, можно приступить к сборке приемника. Прежде всего надо изготовить монтажную плату, т. е. панель, на которой будут укреплены детали. Ее делают из какого-нибудь изоляционного материала — текстолита, гетинакса, в крайнем случае из листа хорошей сухой фанеры толщиной 3—6 *мм*. Размеры панели зависят от габаритов деталей, особенно конденсатора настройки. Чтобы приемник получился компактным и было удобно соединять детали между собой проводами, следует вначале (еще до изготовления панели) составить монтажную схему. Для этого на листе бумаги расставляют детали, размечают положение зажимов для подключения антенны, «земли» и телефонов и, передвигая детали, находят им наиболее удобное расположение (рис. 8). Затем аккуратно намечают карандашом контуры деталей, центры необходимых отверстий, соединительные провода и пр. Таким образом, вначале монтируют приемник на бумаге, составляя его монтажную схему. Очень советую с первых же шагов твоей конструкторской деятельности приучить себя именно к такому методу конструирования. И если сейчас, при конструировании детекторного приемника, может показаться, что в монтажной схеме нет необходимости, то когда мы перейдем к сборке транзисторных приемников, ты убедишься, как необходима монтажная схема.

Когда монтажная схема готова, ее прикрепляют клеем к листу фанеры или другого изоляционного материала, из которого будет изготовлена монтажная плата приемника, и по намеченным центрам сверлят отверстия, делают вырезы и пр. Затем на готовую панель-шасси устанавливают конденсатор настройки, катушку колебательного контура, зажимы и гнезда для подключения телефонов. Мелкие детали (детектор, конденсатор C_2) крепят на специальных монтажных стойках (подробнее о них мы поговорим в отдельной главе о монтаже); если же их нет, то сделай монтажные

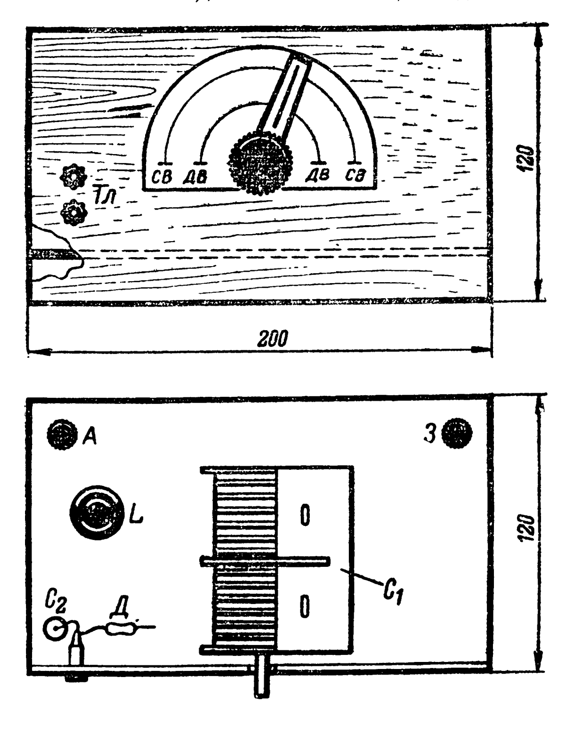


Рис. 8.

шпильки: отрежь кусочек толстой (диаметром 1,2—1,5 *мм*) медной проволоки, просверли в панели отверстие чуть меньшего диаметра (на 0,1 *мм*) и осторожно забей отрезок проволоки в это отверстие. Над панелью стойка должна выступать на 5—10 *мм* (рис. 9).

Теперь остается соединить детали, зажимы и гнезда согласно принципиальной схеме медным проводом (диаметром 0,5—0,8 *мм*, можно без изоляции). Конечно, лучше всего провод к деталям припаять (как правильно паять, будет рассказано в главе, посвященной монтажу). Надо иметь в виду, что все монтажные соединения должны быть обязательно зачищены, иначе электрический контакт будет плохим и приемник не будет работать.

В качестве переключателя диапазонов можно использовать любой однополюсный переключатель на два положения, например тумблер. Переключатель можно сделать и самому. Возьми металлическую полоску, прикрепи ее винтом одним концом к шасси, а другим она будет либо касаться головки другого винта, либо, если ее перевести в другое крайнее положение, контакт будет разорван (рис. 10). Можно применить и другую конструкцию: установи на шасси приемника два штепсельных гнезда и изготовь проволочные перемычки. Если замкнуть перемычкой гнезда, то будет включен диапазон средних волн, а если перемычку вынуть, то будет включен длинноволновый диапазон.

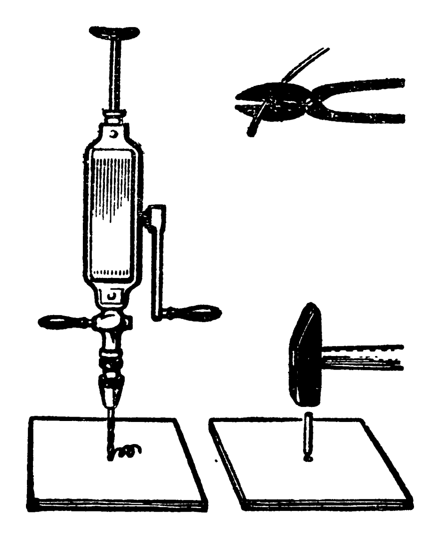
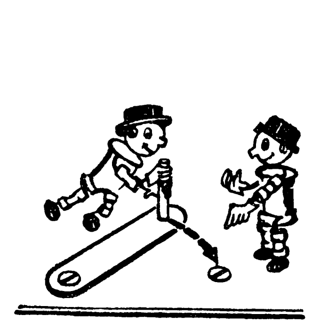


Рис. 9.

И, наконец, последнее, что нужно для нашего приемника — антенна и заземление. Посмотри на рис. 11, на нем показаны различные конструкции антенн. Качество и громкость работы детекторного приемника во многом определяется антенной, поэтому постарайся сделать хорошую антенну длиной 10—15 *м*, а не увлекайся суррогатами в виде «метелок» и т. п. Лучшими антеннами являются Г- и Т-образные. Разница между ними только в том, где к проводу горизонтальной части антенны прикрепляется снижение. Для горизонтального провода антенны и снижения используют многожильный медный провод, в изоляции или голый. Горизонтальную часть располагают на высоте не менее 2—3 *м* от кры-



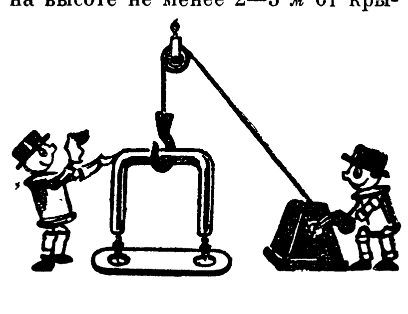


Рис. 10.

ши или земли. Кроме того, провода антенны не должны пересекать линий связи и электропередач. Нельзя устанавливать антенну на расстояниях ближе 10 *м* от высоковольтных сетей электропередач и радиотрансляционных сетей, укреплять ее на столбах и стойках электро- и радиотрансляционной сети.

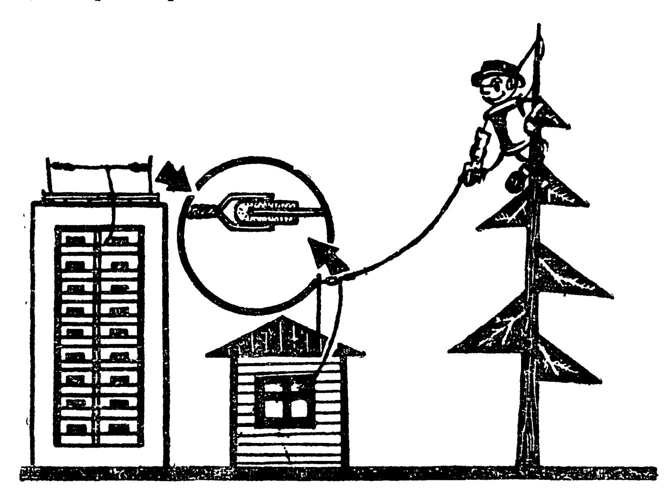


Рис. 11.

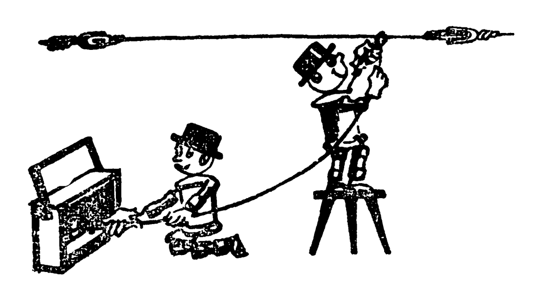


Рис. 12.

Если условия не позволяют соорудить наружную антенну, то можно ограничиться комнатной, хотя громкость приема при этом сильно уменьшается. Для нее нужен тот же провод, что и для наружной. Конструкция комнатной антенны показана на рис. 12.

Хорошее заземление значительно улучшает работу приемника, а во время грозы защищает его от удара молнии. В домах с центральным отоплением или водопроводом провод заземления присоединяют к этим трубам. Для этого напильником зачищают трубу до блеска, наматывают несколько витков провода заземления и

прижимают его к трубе скобой, как показано на рис. 13. В сельской местности заземление можно сделать следующим образом: роют яму на глубину 1,5 *м*, желательно в сыром месте. В нее закапывают металлический лист или другой металлический предмет с припаянным (или, в крайнем случае, привернутым винтом) проводом заземления диаметром 1,5—3 *мм*. Место заземления желательно время от времени поливать, чтобы уменьшить его сопротивление.

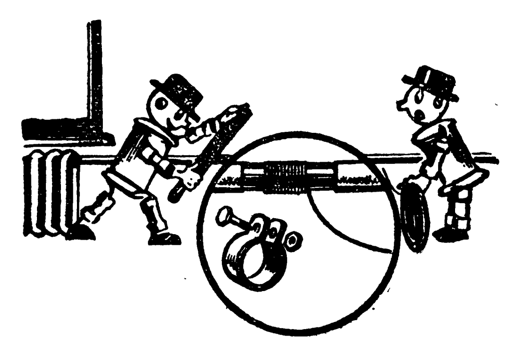


Рис. 13.

Итак, приемник собран. Если все соединения сделаны правильно и детали исправны, подсоединяй антенну, заземление, включай телефоны и медленно поворачивай ручку конденсатора настройки — ты услышишь радиопередачу. Конечно, этот приемник очень простой и несовершенный, он способен принять только мощные и близкие станции, да и слышны они будут негромко, но я уверен, ты получишь много удовольствия, самостоятельно сделав настоящий радиоприемник. И тебе, конечно, захочется его усовершенствовать, принимать более далекие радиостанции, сделать прием «громкоговорящим».

Что ж, попробуем это сделать!

Хочу громче!

Если подключить к детекторному приемнику вместо телефонов громкоговоритель, то «громкоговорящего» приема не будет. Слабенький ток звуковой частоты, получаемый от детектора, не обладает мощностью, необходимой для работы громкоговорителя. Этот ток надо усилить.

Как же сделать усилитель?

Ты, наверное, знаешь, что усилители бывают ламповые и транзисторные. Называются они так в зависимости от того, какой усилительный элемент они содержат — электровакуумную лампу или транзистор. Давай выберем более современный усилительный элемент — транзистор — и рассмотрим, как он работает.

По представлениям современных физиков электрический ток создается свободными электронами, т. е. электронами, не связанными с атомами. В проводниках таких свободных электронов очень

много. Когда к проводнику подводят электрическое напряжение, свободные электроны проводника образуют электрический ток. Поэтому электрическое сопротивление проводника мало. В диэлектриках же, наоборот, свободных электронов почти нет, все электроны жестко связаны с атомами, и чтобы вырвать их у атомов и создать движение электронов в диэлектрике, требуется приложить очень большое электрическое напряжение. Именно поэтому электрическое сопротивление диэлектриков велико.

Но некоторые вещества, например германий и кремний, не похожи ни на проводники, ни на диэлектрики. Вернее, они одновременно являются и тем и другим. Их называют полупроводниками.

Большинство электронов в полупроводниках жестко связано с атомами, но все же в них есть электроны, которые при некотором внешнем воздействии тепла, света или электрического напряжения высвобождаются из-под власти атомов, причем характерно, что высвобождаются не только носители отрицательного заряда — электроны, но и носители положительного заряда — так называемые, дырки. Если к полупроводнику приложено электрическое напряжение, то электроны начинают двигаться к положительному полюсу напряжения, а дырки — к отрицательному. В полупроводнике образуются два тока: электронный и дырочный. Конечно, не надо думать, что дырочный ток — это движущиеся атомы, потерявшие электроны. Действительно, дырки — это атомы, потерявшие электрон. Однако атомы в полупроводниках неподвижны. Они образуют кристаллическую решетку и очень прочно держатся на своих местах. Но атом, потерявший электрон, захватывает электрон соседнего атома и перестает быть дыркой. Соседний атом, отдавший ему свой электрон и в свою очередь превратившийся в дырку, захватывает электрон у другого атома и т. д. Поэтому, хотя атомы и остаются на своих местах, дырки передвигаются в направлении, противоположном движению электронов.

Если к полупроводнику не приложено электрическое напряжение, то перемещение свободных электронов и дырок беспорядочно, и они стремятся равномерно распределиться по объему полупроводника. Это их стремление, характерное вообще для всех частиц материи, носит название *диффузии*. Поскольку в полупроводнике существуют раздельно носители отрицательного заряда (электроны и носители положительного заряда — дырки), то они не могут долго существовать. Действительно, достаточно свободному электрону наткнуться на нуждающийся в электроне атом (дырку), как он будет захвачен. При этом одновременно исчезнет и свободный электрон, и дырка. Такую «трагическую» встречу называют *рекомбинацией*.

Используя все эти особенности полупроводникового кристалла — наличие носителей отрицательного и положительного заряда, диффузию и рекомбинацию, оказалось возможным создать прибор, способный усиливать электрические колебания. Решающим явилось то обстоятельство, что можно построить кристаллические решетки одного и того же полупроводника с различной электрической проводимостью: либо с ярко выраженной электронной проводимостью и подавленной дырочной, либо наоборот. Для этого надо в кристаллическую решетку вместо отдельных атомов полупроводника вставить атомы другого вещества. Если эти атомы будут иметь больше электронов, чем атомы полупроводника, то атомы примеси, в данном случае называемые *донорами*, отдадут их в виде свободных

электронов, и такая решетка будет обладать выраженной *электронной проводимостью* (решетка типа *n*). Наоборот, если у инородных атомов электронов будет меньше, чем у атомов полупроводника, то атомы примеси, в этом случае называемые *акцепторами*, будут стремиться захватить электроны у соседних атомов полупроводника, образовывая тем самым дырки, и такая решетка будет обладать выраженной *дырочной проводимостью* (решетка типа *p*).

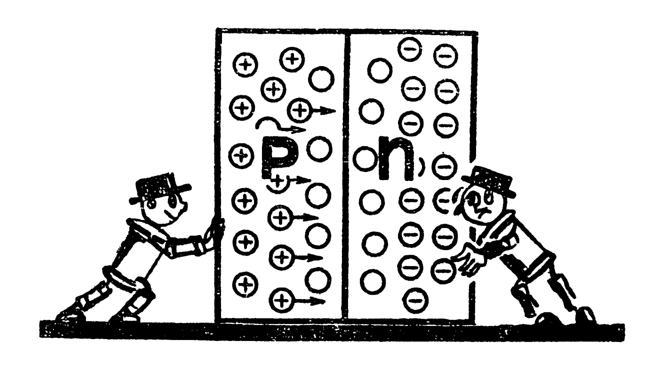


Рис. 14.

Если соединить полупроводники с решетками различных типов, то немедленно начнется диффузия электронов из полупроводника типа *n* в полупроводник типа *p* и, наоборот, дырок в полупроводник типа *n* (рис. 14). Однако концентрация дырок в полупроводнике типа *n*, несмотря на диффузию, не будет равномерной по всему объему, а будет уменьшаться по мере продвижения их в глубь этого полупроводника, так как они будут рекомбинировать с электронами — основными носителями электричества в полупроводнике типа *n*. Точно так же концентрация электронов по мере их продвижения в глубь полупроводника типа *p* от границы раздела будет убывать вследствие рекомбинации электронов с основными носителями электричества полупроводника *p* — дырками.

Одновременно с диффузией электронов в полупроводник типа *p* концентрация их в полупроводнике типа *n* у границы раздела уменьшится. Такому уменьшению будет способствовать еще и то, что перешедшие из полупроводника типа *p* дырки рекомбинируют с имеющимися в полупроводнике типа *n* около границы раздела электронами и тем самым тоже уменьшают их концентрацию. В результате концентрация электронов в полупроводнике типа *n* у границы раздела настолько уменьшится, что их заряд уже не сможет компенсировать положительный заряд атомов — доноров, отдавших свои электроны. Поэтому в полупроводнике типа *n* у границы раздела образуется положительный заряд.

Точно такое же явление произойдет и в полупроводнике типа *p*, только в нем у границы раздела образуется отрицательный заряд в результате того, что заряд основных носителей этого полупроводника — дырок, ушедших в полупроводник типа *n*, не сможет скомпенсировать отрицательный заряд атомов-акцепторов,

захвативших электроны. Таким образом, на границе соприкосновения двух полупроводников с различными типами проводимости образуется узкая область объемного электрического заряда и связанного с ним электрического поля, направленного от полупроводника типа *n* к полупроводнику типа *p*. Область этого заряда, обедненная свободными носителями электричества, имеет большее по сравнению с остальным объемом полупроводника электрическое сопротивление. Поэтому она называется запорным слоем. Система же, состоящая из двух полупроводников различного типа проводимости, разделенных запорным слоем, называется электронно-дырочным переходом (или *p-n* переходом).

Если к переходу приложить напряжение, причем плюс подать на полупроводник типа *n* (*n*-область), а минус на *p*-область, то полупроводник будет включен в обратном или запорном направлении. В этом случае почти все внешнее напряжение будет приложено к запорному слою, так как его сопротивление значительно больше сопротивления остального объема полупроводника. Полярность же напряжения будет такова, что внешнее электрическое поле сложится с электрическим полем запорного слоя. В результате ширина запорного слоя увеличится и диффузия дырок из полупроводника типа *p* и электронов из полупроводника типа *n* совершенно прекратится. Иными словами, электрическое сопротивление запорного слоя при обратном включении очень велико.

При включении перехода в прямом направлении, т. е. плюс к *p*-области, а минус к *n*-области, внешнее электрическое поле будет направлено против электрического поля запорного слоя. В результате увеличится концентрация дырок в приграничном слое *p*-области и электронов в приграничном слое *n*-области. Поступившие электроны и дырки будут компенсировать электрические заряды атомов-доноров и атомов-акцепторов, объемный заряд перехода уменьшится, а запорный слой сузится. В результате возобновится переход электронов в *p*-область и дырок в *n*-область, т. е. сопротивление перехода уменьшится, и через него пойдет прямой ток, причем тем бóльший, чем больше внешнее напряжение.

Вероятно, ты уже догадался, что мы рассмотрели работу полупроводникового диода, который работает в детекторе твоего приемника. Ну, а как же насчет усиления?

Полупроводниковый триод — транзистор — состоит из трех слоев полупроводников с различной проводимостью: крайние — с дырочной, а средний (так называемая база) — с электронной проводимостью (рис. 15). Схематично такая система записывается *p-n-p*. Таким образом, транзистор имеет два перехода: *p-n* и *n-p*. Первый переход (*p-n*) включен в прямом направлении т. е. минус к *n*-области, а плюс к *p*-области, называемой в этом случае эмиттером. Поэтому через этот переход проходит прямой ток.

Второй переход (*n-p*) включен в обратном направлении, т. е. плюс к базе (*n*-область), а минус к *p*-области, называемый коллектором. Поэтому, по нашим предыдущим рассуждениям, ток через коллекторный переход не должен проходить. Но в данном случае это не так.

Дело в том, что полупроводники, из которых изготовлены эмиттер и база, подобраны с различной концентрацией основных носителей, т. е. концентрация дырок в эмиттере значительно выше концентрации электронов в базе. Поэтому, когда в результате протекания тока через эмиттерный переход в базу попадают дырки,

то их оказывается так много, что только малая часть из них находит в базе необходимые для рекомбинации электроны. Эмиттер как бы насыщает базу дырками (физики говорят: происходит инжекция дырок в базу). Благодаря диффузии пришедшие дырки начинают перемещаться в те области базы, которые прилегают к коллектору. Но, как ты видишь, к коллекторному переходу приложено обратное напряжение и довольно значительное по величине — в

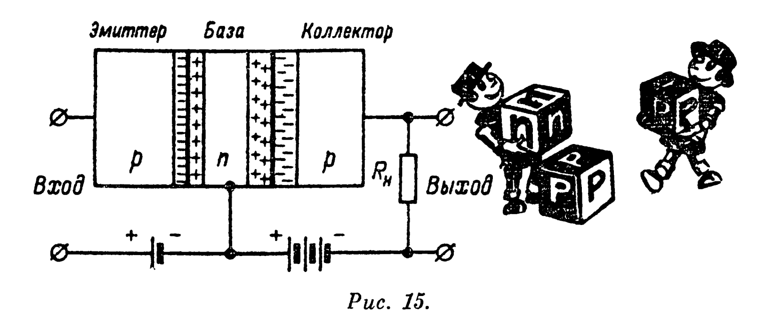


Рис. 15.

десятки раз больше напряжения, приложенного к эмиттерному переходу, причем полярность коллекторного напряжения такова (на коллекторе минус), что положительные дырки, подойдя к коллекторному переходу, испытывают действие сильного ускоряющего поля, переходят в коллектор и рекомбинируют с электронами, приходящими в коллектор из отрицательного полюса батареи питания. В результате, через коллекторный переход проходит электрический ток, несмотря на то, что к нему приложено обратное напряжение.

Но самое замечательное, что величина коллекторного тока зависит от величины тока эмиттера! Действительно, чем больше ток через эмиттерный переход, т. е. чем больше дырок «впрыскивает» эмиттер в базу, тем больше ток коллектора, который зависит от количества этих дырок. Поэтому, управляя эмиттерным током, можно тем самым управлять и коллекторным током.

Заметь, что в транзисторе незначительное изменение напряжения на эмиттерном переходе вызывает значительное изменение тока через эмиттерный переход, так как его сопротивление сравнительно мало (сотни ом). Это в свою очередь вызывает почти такое же изменение тока коллектора в цепи с высоким сопротивлением. Иначе говоря, изменение напряжения в доли вольта на эмиттерном переходе вызывает изменение напряжения на коллекторном переходе, измеряемое уже вольтами.

Чтобы убедиться в этом, проделаем простейший расчет. Допустим, что изменение напряжения на эмиттерном переходе в 0,05 *в* вызвало изменение тока через этот переход в 0,1 *ма*. С некоторым приближением можно считать, что коллекторный ток при этом тоже изменится на 0,1 *ма*. Предположим далее, что в цепи коллектора стоит нагрузочный резистор $R_н$ сопротивлением 10 *ком*. Тогда изменение падения напряжения на этом сопротивлении будет:

$$\Delta U = \Delta I R_н = 0{,}0001 \cdot 10\,000 = 1\ в.$$

Сравни: 0,05 *в* и 1 *в*! Усиление налицо!

Итак, ты познакомился с работой транзистора. Однако усилительный элемент (в нашем случае — транзистор) в схеме усилителя всегда работает в окружении деталей, с которыми он и образует усилительный каскад. Усилители бывают однокаскадные и многокаскадные.

Каскад — это участок схемы усилителя, как бы этап усиления. Он характеризуется определенным коэффициентом усиления, который показывает, во сколько раз выходное напряжение, ток или мощность превышает соответствующие величины на входе каскада. Соответственно и говорят о разных коэффициентах усиления: по напряжению, току и мощности.

Естественно, что многокаскадные усилители обеспечивают на выходе значительно большее напряжение и мощность, чем однокаскадный усилитель.

Теперь я прошу тебя обратить внимание на несколько цифр. Напряжение и мощность на выходе детекторного приемника при приеме даже близких мощных радиостанций очень невелики. Например, напряжение низкой частоты на выходе детектора такого приемника обычно составляет 0,02—0,04 *в*. Для нормальной работы громкоговорителя напряжение на его звуковой катушке должно достигать 2—5 *в*.

Но дело не только в величине напряжения. Динамические громкоговорители имеют, как правило, очень маленькое сопротивление (3—6 *ом*). Поэтому даже такой громкоговоритель как 0,1ГД-6 (а это очень маленький громкоговоритель, применяемый для карманных приемников) для нормальной работы требует мощность до 0,1 *вт*. Мощность же сигнала низкой частоты на выходе детектора исчисляется сотыми или даже тысячными долями ватта. Таким образом, усилитель низкой частоты должен усиливать низкочастотный сигнал как по току, так и по напряжению, т. е. по мощности. Поэтому обычно усилитель низкой частоты состоит из одного или нескольких каскадов предварительного усиления и выходного каскада.

Задача каскадов предварительного усиления — увеличить сигнал звуковой частоты до такой величины, при которой этот сигнал способен «раскачать» выходной каскад, на выходе которого включен громкоговоритель.

Выше мы с тобой рассмотрели работу транзистора, так сказать, в принципе. Теперь посмотрим, как он работает в схеме усилителя. Сначала поговорим о некоторых «капризах» транзистора и о том, как от них избавиться. Если включить коллекторный переход транзистора по схеме, показанной на рис. 16, *а*, то микроамперметр отметит в цепи коллектор — база ток, хотя переход включен в запорном направлении. Этот весьма небольшой ток $I_{кб0}$ называется обратным током коллектора. Буквы кб0 показывают, что ток измеряется при напряжении, поданном между *Коллектором* и *Базой*. Эмиттер при измерении $I_{кб0}$ никуда не подключается. У современных транзисторов малой мощности ток $I_{кб0}$ обычно составляет единицы микроампер. Этот ток почти не зависит от напряжения $U_{кб0}$.

Если же транзистор включить по схеме, показанной на рис. 16, *б*, то микроамперметр отметит ток $I_{кэ0}$, называемый обратным током коллектор — эмиттер (при отключенной базе). Этот ток значительно больше тока $I_{кб0}$ и это понятно, так как переход включен

в прямом направлении. Между этими токами существует следующая зависимость:

$$I_{кэ0} = I_{кб0}(h_{21э} + 1),$$

где $h_{21э}$ — коэффициент передачи тока (раньше его называли более наглядно, хотя и менее правильно, — коэффициент усиления).

Наконец, если включить все три электрода транзистора (рис. 16, *в*), то во всех трех цепях потекут токи, причем между током базы $I_б$, током коллектора $I_к$ и током эмиттера $I_э$ будут следующие соотношения:

$$I_к = I_{кэ0} + I_б h_{21э}; \qquad I_э = I_{кэ0} + I_б(h_{21э} + 1).$$

Из этих формул видно, что в цепи коллектора и эмиттера протекают как бы две составляющие токов: начальный ток коллектора $I_{кэ0}$ (при разомкнутой цепи базы) и ток базы $I_б$, умноженный на коэффициент передачи тока (для коллектора) или умноженный на величину $h_{21э}+1$ (для эмиттера).

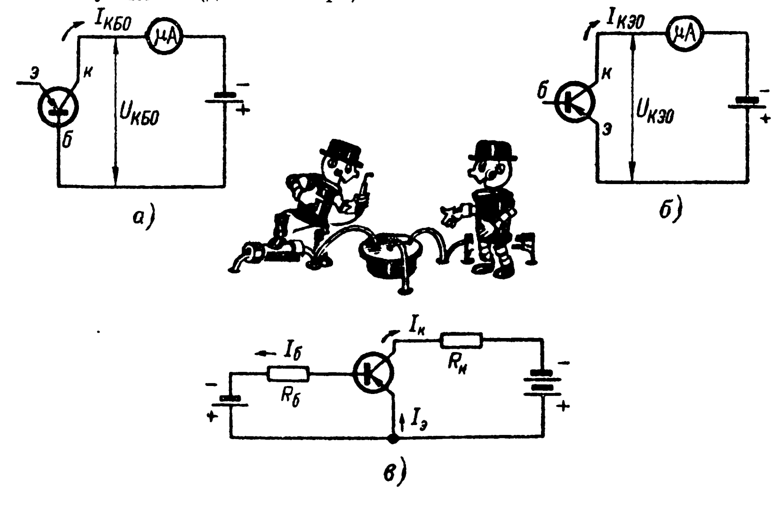


Рис. 16.

Неприятность заключается в том, что обратный ток коллектора $I_{кб0}$ зависит от температуры. Можно считать, что при повышении температуры на каждые 10° С ток $I_{кб0}$ удваивается. Правда, сам ток $I_{кб0}$ весьма невелик, но беда в том, что от величины этого тока зависит начальный ток коллектора $I_{кэ0}$, который больше тока $I_{кб0}$ в $(h_{21э}+1)$ раз. Например, если ток $I_{кб0}$ составляет при 20° С 5 *мка*, то при увеличении температуры до 40° С он возрастает до 20 *мка*. Само по себе возрастание тока на 15 *мка* мало, но если транзистор обладает коэффициентом $h_{21э}=25$, то начальный ток коллектора при этом возрастает на $15(h_{21э}+1)=15(25+1)=390$ *мка*, или почти на 0,4 *ма*. Это уже заметно, так как ток кол-

лектора маломощных транзисторов в усилителе выбирается в пределах от долей до единиц миллиампер.

Что происходит при таком увеличении тока коллектора? Конечно, увеличение падения напряжения на резисторе $R_н$ нагрузки транзистора, так как по закону Ома

$$u_R = R_н I_к.$$

В свою очередь это приводит к уменьшению напряжения на коллекторе, а значит, и к резкому изменению режима транзистора и всем связанным с этим неприятностям, одно из которых —

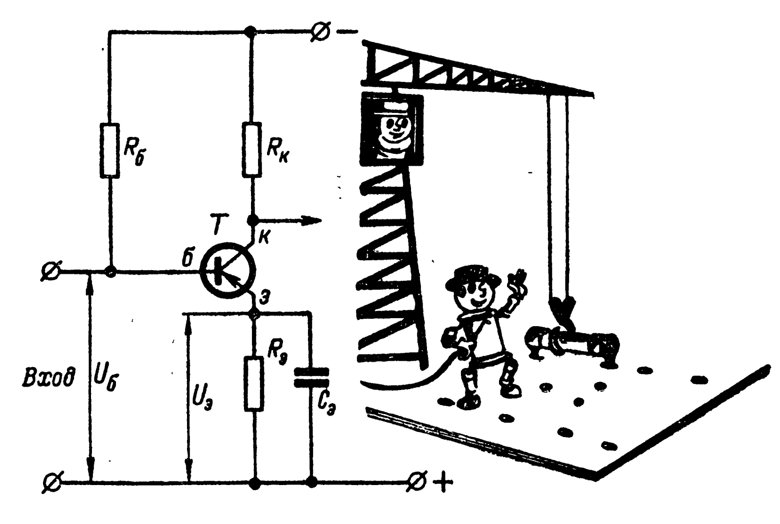


Рис. 17.

изменение коэффициента усиления. Таким образом, если не принять специальных мер, то транзисторный усилитель будет работать неустойчиво. Температурное изменение коллекторного тока может быть настолько большим, что транзистор выйдет из строя.

Для уменьшения вредного влияния температурных изменений токов в схему усилительного каскада вводят специальные цепи, стремящиеся скомпенсировать изменения тока коллектора, вызванные любыми причинами, кроме сигнала, поданного на вход усилителя.

Схема каскада с цепями, стабилизирующими его работу, показана на рис. 17. С повышением температуры, как вы помните, увеличивается начальный ток коллектора, а значит, и ток эмиттера $I_э$, протекающий через резистор $R_э$. Но это вызывает увеличение падения напряжения на этом резисторе: $U_э = I_э R_э$. Из схемы видно, что напряжение на эмиттерном переходе транзистора равно разности между напряжением на базе $U_б$ и напряжением на эмиттере $U_э$. Чем больше напряжение на переходе, тем больше ток через переход, в нашем случае ток $I_э$. Но увеличение напряжения $U_э$

приводит к уменьшению напряжения на эмиттерном переходе, а следовательно, к уменьшению тока $I_э$ и тока коллектора $I_к$. Таким образом, «температурное» увеличение тока коллектора сдерживается увеличением падения напряжения на резисторе $R_э$. Чтобы это напряжение возникало только от температурного изменения тока $I_э$, т. е. по постоянному току, а не от быстрых изменений тока $I_э$ под действием входного усиливаемого сигнала, параллельно резистору $R_э$ включен конденсатор $C_э$, через который переменный ток проходит, не вызывая изменений напряжения $U_э$.

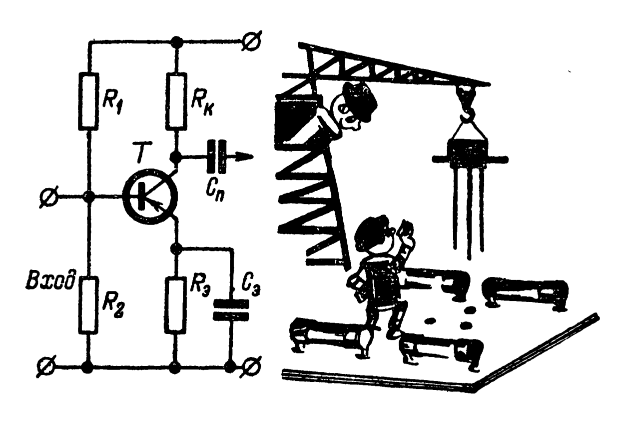


Рис. 18.

Еще лучшим стабилизирующим действием обладает схема, показанная на рис. 18. От предыдущей она отличается только наличием резистора R_2 в цепи базы транзистора. Вместе с резистором R_1 они образуют так называемый делитель напряжения. Благодаря ему напряжение $U_б$ более стабильно, а значит, схема более чувствительна к изменениям «управляющего» напряжения $U_э$. Сопротивления резисторов делителя R_1 и R_2 надо выбрать так, чтобы отрицательное напряжение на базе по отношению к эмиттеру было равно 0,1—0,3 *в*.

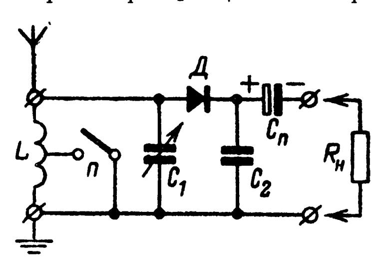


Рис. 19.

Наибольшее усиление получается в том случае, когда каскады согласованы между собой, т. е. сопротивление выхода предыдущего каскада равно или близко к сопротивлению входа последующего каскада (или нагрузки). Посмотрим, что произойдет, если мы подсоединим вход нашего каскада непосредственно к выходу детекторного приемника. Наилучшие условия для ра-

боты приемника получаются, когда сопротивление нагрузки $R_н$ лежит в пределах 50—200 *ком* (рис. 19). Когда мы подсоединяли к выходу приемника телефоны, я предупредил тебя, что они обязательно должны быть высокоомными. Теперь ты понимаешь, почему? Входное же сопротивление транзисторного каскада, схема которого показана на рис. 18, очень невелико. Ведь оно определяется, в основном, сопротивлением перехода эмиттер — база и составляет несколько сотен *ом*. А нам нужны десятки килоом! Поэтому, если

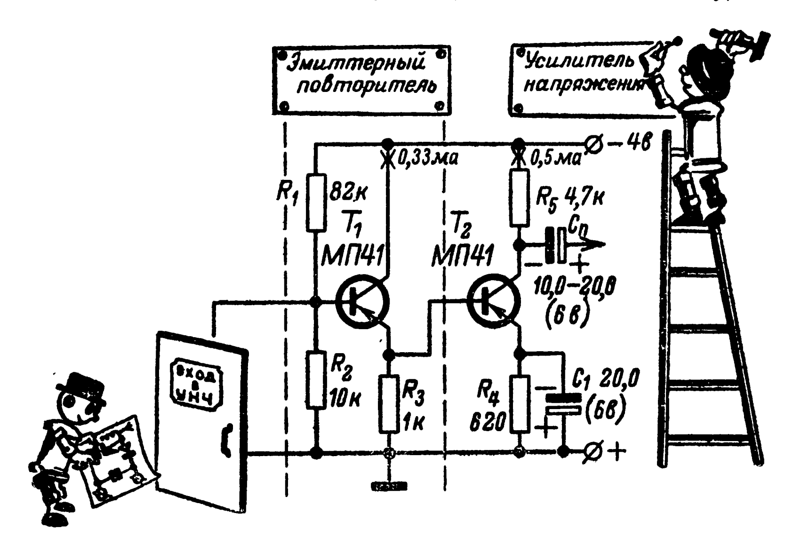


Рис. 20.

непосредственно присоединить транзисторный каскад к выходу детекторного приемника, то малое входное сопротивление усилительного каскада замкнет почти накоротко выход детекторного приемника. Громкость приема при этом будет слабой.

Чтобы этого не случилось, надо между выходом приемника и усилителем включить специальный согласующий каскад, так называемый, эмиттерный повторитель (рис. 20). Такой каскад не дает усиления по напряжению, но отличается большим входным сопротивлением и не шунтирует выход детекторного приемника. Последующий усилительный каскад подключается к эмиттерной нагрузке повторителя. Выходное сопротивление эмиттерного повторителя составляет сотни, а иногда даже десятки *ом*, т. е. оно имеет величину такую же (или меньше), как и входное сопротивление следующего усилительного каскада, что обеспечивает хорошее согласование. Обрати внимание, что роль делителя напряжения в цепи базы транзистора T_2 (рис. 20) выполняет предшествующий каскад.

Итак, мы усилили напряжение низкочастотного сигнала. Теперь надо подумать о значительном усилении его мощности. Кас-

кад усилителя мощности можно подключить к выходу усилителя напряжения через переходный конденсатор $C_п$ большой емкости. Конечно, в этом случае будет определенная несогласованность между большим выходным сопротивлением каскада предварительного усиления и малым входным сопротивлением оконечного каскада. Несогласованность эта довольно велика, но ею часто пренебрегают, стремясь использовать дешевые детали и упростить конструкцию, хотя это и ведет к определенной потере усиления. Иногда отказы-

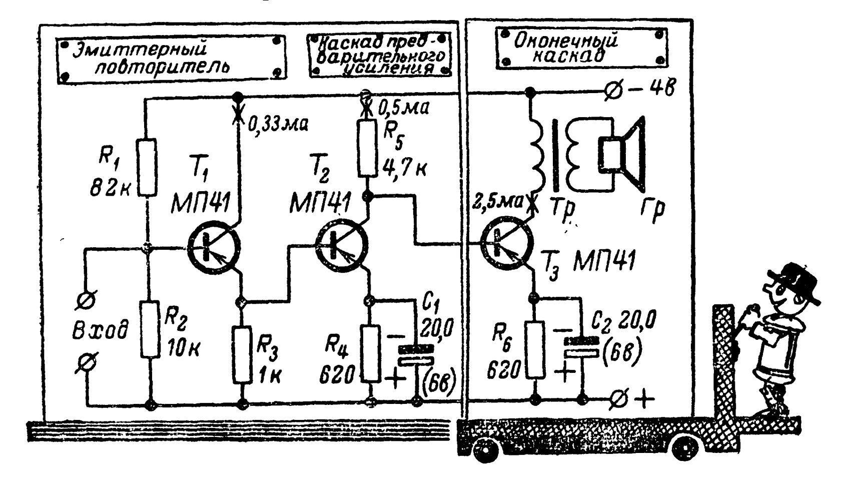


Рис. 21.

ваются и от переходного конденсатора, осуществляя непосредственную связь оконечного каскада с предварительным (рис. 21). При этом экономят резисторы делителя, которые надо было бы включить в цепь базы транзистора оконечного каскада при соединении каскадов через переходной конденсатор и сам конденсатор.

В коллекторную цепь транзистора T_3 включена первичная обмотка выходного трансформатора, которая является нагрузкой этого транзистора. Громкоговоритель типа 0,1ГД-6 подключают к вторичной обмотке трансформатора.

Оконечный каскад рассмотренного усилителя работает по так называемой однотактной схеме. Эту схему употребляют редко. Она не экономична. От батареи питания она берет довольно большую мощность, а в нагрузку (на громкоговоритель) отдает малую.

Гораздо выгоднее построить оконечный каскад по двухтактной схеме. Двухтактные каскады могут работать в очень экономичных режимах. От такого каскада можно получить выходную мощность примерно в 2 раза большую, чем от однотактного, при одинаковой мощности, потребляемой от батареи питания. Этим и объясняется то, что во всех промышленных и в большинстве любительских батарейных радиоприемников используется двухтактная схема выходного каскада. Схема усилителя с двухтактным выходным каскадом показана на рис. 22. Усиливаемый сигнал должен подаваться

на базы транзисторов двухтактного каскада во взаимообратных полярностях, или, вернее сказать, в противофазе. Противофазные сигналы получаются от переходного трансформатора, который, кроме этого, согласует низкое входное сопротивление выходного каскада с высоким выходным сопротивлением каскада предварительного усиления.

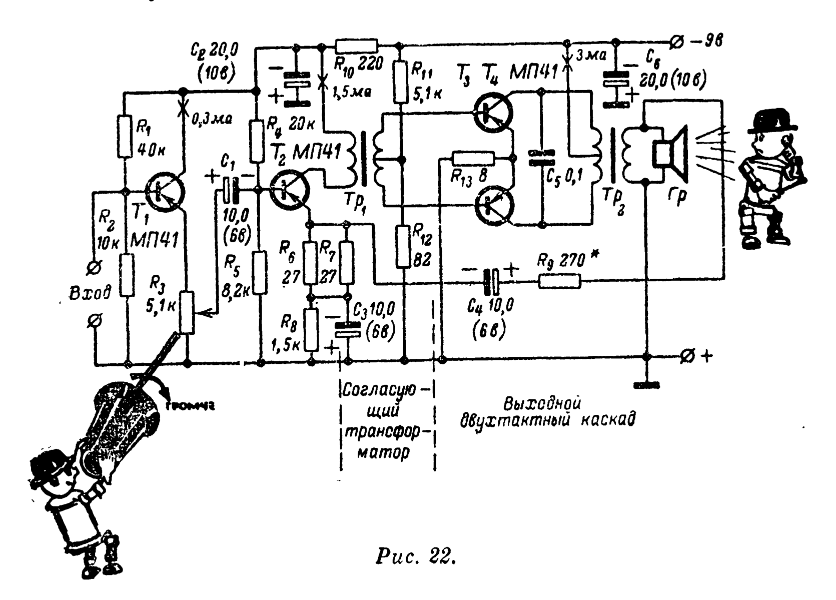


Рис. 22.

Усилитель, схема которого показана на рис. 22, состоит из трех каскадов. Первый каскад — это уже знакомый тебе эмиттерный повторитель, второй каскад — предварительный усилитель напряжения, наконец, третий каскад — двухтактный усилитель мощности. Транзисторы во всех каскадах одинаковые, типов П13—П15, МП39—МП41, ГТ108А—ГТ108Г или ГТ109А—ГТ109Г (надо только иметь в виду, что транзисторы ГТ108 и ГТ109 миниатюрные).

Обрати внимание на цепочку, состоящую из конденсатора C_4 и резисторов R_6, R_7 и R_9. Это цепочка так называемой отрицательной обратной связи. Наличие такой связи значительно улучшает работу усилителя и уменьшает искажения.

Очень большое внимание советую обратить на трансформаторы Tp_1 и Tp_2. От их качества во многом зависит работа усилителя, чистота звука и т. п. Лучше всего применить трансформаторы заводского изготовления, например, от какого-нибудь близкого по схеме транзисторного приемника (в магазинах часто продаются такие трансформаторы). Кроме того, продаются унифицированные переходные и выходные трансформаторы. Согласующий трансформатор (Tp_1 на схеме рис. 22) имеет маркировку СТ-74 и предназначен для работы с транзисторами типов П13—П15 или МП39—МП41 (он применяется в транзисторных приемниках «Алмаз», «Киев-7»,

«Ласточка», «Мир», «Нева», «Сокол», «Чайка» и др.). Унифицированный выходной трансформатор ТВ-285 предназначен для работы в выходных двухтактных каскадах с транзисторами типов П13—П15 или МП39—МП41. Он применяется в приемниках «Алмаз», «Ласточка-2», «Нева-2», «Сокол», «Чайка» и др.

Если же готовых трансформаторов достать совершенно невозможно, то придется их делать самому. Как ты знаешь, трансформатор состоит из двух основных частей: ферромагнитного сердечника и катушки с обмотками. Сердечник набирают из металлических пластин, обычно Ш-образной формы с отдельными перемычками (рис. 23). Эти пластины изготовляются из специальной электротехнической стали или особых ферромагнитных сплавов пермаллой. Для наших трансформаторов надо подобрать маленькие пластины (сердечник из таких пластин обозначают следующим образом: Ш3×6, т. е. сердечник из пластин Ш-образной формы, у которых ширина центрального стержня $l=3$ *мм*, толщина набора сердечника $a=6$ *мм*), лучше всего из пермаллоя, но можно применить и пластины из электротехнической стали.

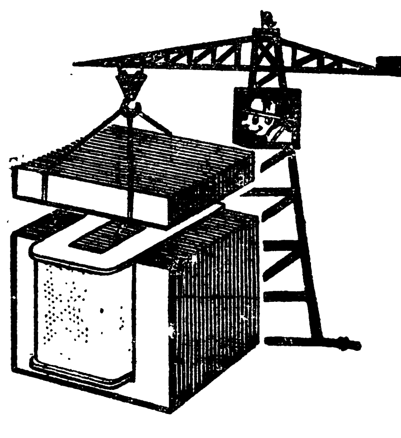


Рис. 23.

Каркас катушки трансформатора надо изготовить из тонкого и прочного материала, например хорошей плотной бумаги; применять для этой цели толстый картон не следует, так как такой каркас займет слишком много места в окне сердечника, и обмотки не уместятся. Сначала наматывают вторичные обмотки. В согласующем междукаскадном трансформаторе обе половины вторичной обмотки наматывают одновременно, т. е. проводом, сложенным вдвое (с двух катушек провода); при этом среднюю точку обмотки получают, соединяя конец одного провода с началом другого. Далее наматывают первичную обмотку. В выходном трансформаторе после намотки вторичной обмотки наматывают обе половины первичной обмотки таким же способом. Намотку обоих трансформаторов можно производить «внавал» (т. е. не укладывая провод тщательно виток к витку, как это делается при намотке на станке), но достаточно аккуратно, иначе обмотки не уместятся в окне сердечника.

Данные обмоток трансформаторов с сердечниками из различных пластин приведены в таблице. Все обмотки наматывают проводом ПЭЛ или ПЭВ.

Поговорим теперь о резисторах и конденсаторах, применяемых для сборки разнообразных транзисторных схем.

При выборе резисторов надо обращать внимание не только на их сопротивления, но и на допуск по сопротивлению, т. е. наибольшие возможные отклонения действительной величины сопротивления от номинальной, обозначенной на корпусе резистора, а так-

Тип сердечника	Первичная обмотка		Вторичная обмотка		Примечание
	Диаметр провода	Число витков	Диаметр провода	Число витков	
		Переходные трансформаторы			
Ш3×6	0,06	2 500	0,06	350+350	СТ-74 Сердечники из пермаллоя 45Н и 50Н
Ш6×6	0,1	1 500	0,1	500+500	
Ш8×8	0,1	2 200	0,14	480+480	Сердечники из электротехнической стали
Ш9×18	0,12	1 600	0,12	400+400	
Ш10×12	0,1	1 800	0,12	400+400	
Ш12×12	0,1	750	0,18	350+350	
		Выходные трансформаторы			
Ш3×6	0,09	450+450	0,23	102	ТВ-285 Сердечник из пермаллоя 45Н или 50Н
Ш4×6	0,15	320+320	0,35	120	
Ш4,8×6,5	0,15	225+225	0,35	66	
Ш6×12	0,2	250+250	0,44	70	
Ш8×8	0,18	350+350	0,29	184	Сердечник из электротехнической стали
Ш9×18	0,31	200+200	0,64	73	
Ш10×12	0,18	180+180	0,51	48	
Ш12×12	0,23	220+220	0,59	40	
Ш10×10	0,12	1 700	0,31	106	Для однотактного выходного каскада

же на допустимую мощность рассеяния резистора. Резисторы изготовляются с допустимым отклонением от номинальной величины на ±5, ±10 и ±20%, что же касается допустимой мощности рассеяния резисторов, то она может быть 0,12; 0,25; 0,5; 1 и 2 *вт* и выше. Во всех цепях каскадов карманного транзисторного радиоприемника применяют резисторы мощностью 0,12 *вт* при допуске до ±20% (можно, конечно, взять резисторы, рассчитанные на большую мощность и с меньшим допуском). Только в цепях оконечного каскада усилителя низкой частоты иногда применяют резисторы мощностью 0,25—0,5 *вт*. Замечу, что чем меньше мощность, на которую рассчитан резистор, тем меньше его размеры, а это для нас очень важно.

В радиоприемной аппаратуре применяют следующие типы резисторов.

Резисторы ВС — это непроволочные углеродистые резисторы мощностью от 0,25 *вт* и выше. Они представляют собой цилиндрический керамический стержень, на поверхность которого в виде спирали нанесен слой углерода, который и является собственно резистором.

По конструкции на них очень похожи **резисторы типа УЛМ**, которые отличаются от ВС значительно меньшими размерами. Резисторы УЛМ имеют допустимую мощность рассеяния 0,12 *вт*.

Резисторы МЛТ (или МТ) изготовляются мощностью от 0,12 *вт* до 2 *вт*. Они представляют собой керамическую трубку, на поверхность которой по спирали нанесен очень тонкий слой специального металлического сплава, обладающего большим удельным сопротивлением. Резисторы МЛТ окрашены в красный, а МТ — в зеленый цвет.

При выборе конденсаторов, кроме значения емкости и допустимого отклонения емкости (в процентах) от номинала, надо обращать внимание на рабочее напряжение конденсатора — наибольшее напряжение, приложенное к конденсатору, при котором он способен надежно и длительно работать. Следует иметь в виду, что допустимое переменное напряжение на конденсаторе всегда меньше постоянного рабочего напряжения. При работе конденсатора в цепи пульсирующего тока сумма постоянного напряжения и амплитудного значения переменного напряжения не должна превышать рабочего напряжения.

В радиоприемниках применяют следующие типы конденсаторов.

Керамические конденсаторы КТК (трубчатые), **КТМ** (малогабаритные), **КТН** (повышенной надежности) представляют собой тонкостенную керамическую трубку, на внешнюю и внутреннюю поверхность которой нанесены тонкие слои серебра. Керамические **конденсаторы КДК** (дисковые), **КДМ** (малогабаритные) представляют собой тонкую круглую керамическую пластинку, на поверхности которой нанесены обкладки в виде слоев серебра. Применяют эти конденсаторы обычно в высокочастотных цепях и в колебательных контурах.

Стеклоэмалевые конденсаторы КС применяют в этих же цепях.

Слюдяные конденсаторы КСО по устройству обкладок разделяются на два вида: с обкладками из фольги и с обкладками из серебра, нанесенного непосредственно на поверхность слюды. Конденсаторы второй конструкции имеют на корпусе буквы Б, В или Г. Емкость конденсаторов с обкладками из фольги (они не имеют на корпусах буквенной маркировки) наименее стабильна при изменении температуры. Применяют слюдяные конденсаторы в любых цепях радиоприемника.

Существует несколько типов электролитических конденсаторов. Для работы в малогабаритных транзисторных радиоаппаратах предназначены **конденсаторы ЭМ, К-53 и К-50-6**, выполненные в виде маленьких гильз с проволочными выводами.

Когда все детали усилителя подобраны, можно приступать к изготовлению шасси (монтажной панели) и монтажу схемы.

Как собрать схему или что такое монтаж

Итак, приступаем к монтажу усилителя. Помнишь, я уже немного рассказал о монтаже. Но теперь мы имеем дело не с тремя – четырьмя деталями, как при сборке детекторного приемника, а с серьезной схемой, в которой есть транзисторы, регулятор громко-

сти, трансформаторы, цепи питания и пр., поэтому настало время серьезно поговорить о монтаже.

Работу по монтажу начинают с того, что на бумаге намечают план монтажа, т. е. расположение деталей и проводников схемы. Такая предварительная прикидка на бумаге позволит сделать приемник как можно меньших размеров, и в то же время обеспечить хороший доступ к деталям для их регулировки и замены. Я думаю, не надо доказывать, что такую прикидку лучше сделать заранее и на бумаге, чем переделывать монтажную плату или готовый монтаж.

«Монтаж на бумаге» называют монтажной схемой. Но имей в виду: составить монтажную схему — дело не простое! Сейчас на

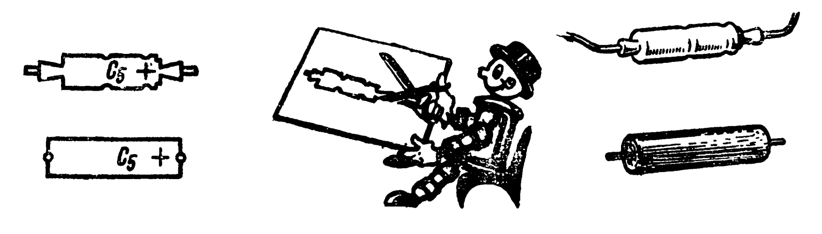


Рис. 24.

радиозаводах применяют различные способы составления монтажных схем. Наиболее подходящим для радиолюбителей является так называемый способ аппликации. Состоит он в следующем.

На картоне или плотной бумаге вычерчивают в натуральную величину контуры радиодеталей, из которых состоит схема. Затем эти контуры вырезают и получают как бы силуэты деталей. Впрочем, не обязательно тщательно вычерчивать контуры деталей с мельчайшими подробностями, можно ограничиться упрощенным контуром. Однако совершенно необходимо на каждом силуэте детали нанести ее условное обозначение, номер детали в принципиальной схеме (например, C_5, R_2, $Д_4$, $Тр_1$, L_2 и т. п.), а также расположение выводов, полярность или цоколевку. Для примера на рис. 24 показаны два варианта изображения электролитического конденсатора. Иногда приходится вычерчивать силуэты детали в двух или даже в трех проекциях, например, если деталь может быть установлена боком или вертикально.

Когда силуэты деталей подготовлены, на листе миллиметровой бумаги вычерчивают прямоугольник по размерам будущей монтажной платы. В этом прямоугольнике начинают размещать силуэты деталей, причем вначале крупные: катушки индуктивности, трансформаторы, блок конденсаторов настройки, переключатели, переменные резисторы. При этом, естественно, стремятся так расположить детали, чтобы паразитные связи между ними были минимальными, органы управления удобно расположены, транзисторы в случае необходимости было легко заменить. Когда расположение основных деталей найдено, их закрепляют на местах кнопками, а еще лучше — слегка приклеивают резиновым клеем (в этом случае силуэты легко снять без повреждения) и начинают располагать

мелкие детали, причем тут же рисуют соединительные провода между отдельными деталями.

Если детали не умещаются в намеченном прямоугольнике или монтаж получается слишком плотным, то необходимо увеличить размеры монтажной платы, а значит и всего радиоприемника. Если в одном месте платы монтаж очень плотный, а в другом слишком свободный, то в «перенаселенной» части платы надо несколько раздвинуть крупные детали и часть из них переместить в менее «населенный» район, стараясь сделать плотность монтажа равномерной. Замечу, что если плотность монтажа мала и детали располагаются на плате очень свободно, то это сигнализирует о том, что можно значительно уменьшить намеченные размеры радиоприемника.

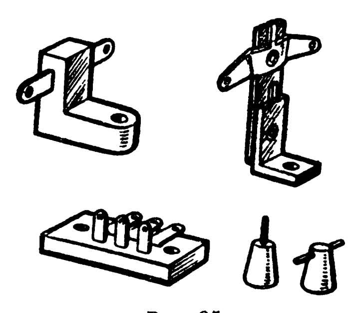


Рис. 25.

Когда прикидочное расположение деталей на бумаге найдено, производят анализ монтажной схемы, т. е. еще раз проверяют схему в отношении удобства управления и настройки. При этом не забудь посмотреть на составленную монтажную схему с точки зрения возможности ее смонтировать: ко всем ли деталям можно подобраться паяльником, возможна ли замена деталей и т. п. Ведь на бумаге можно так плотно набить плату деталями, что хотя они и разместятся, сделать такой монтаж будет очень трудно. Кроме того, следует помнить, что собранный приемник надо «довести», а для этого потребуется заменять детали, подбирать величины сопротивлений и емкостей, поэтому не следует очень увлекаться уменьшением размеров за счет повышения плотности монтажа. Надо придерживаться такого правила: если усилитель или приемник собирают по хорошо проверенной принципиальной схеме, причем есть полная уверенность, что не потребуется подбора резисторов и конденсаторов, а тем более не нужно будет хоть в чем-то изменять принципиальную схему, то монтаж делай плотным, лишь бы подобраться к выводам деталей паяльником, да подходы к органам настройки и регулировки были свободные. Но если компонуют экспериментальную схему, то монтаж надо делать свободным, чтобы можно было без затруднений вынуть любую деталь и вместо нее вставить другую, может быть больших размеров.

Когда расположение деталей на бумаге найдено, надо наметить положение опорных точек монтажа, т. е. контактов, стоек, лепестков, к которым будут крепиться выводы транзисторов, резисторов, конденсаторов и пр. Конструкция этих опорных контактов может быть самой различной (рис. 25).

После того как монтажная схема-аппликация полностью составлена, на нее накладывают лист кальки и аккуратно перечерчивают. Это будет рабочая монтажная схема. Если нет кальки, можно воспользоваться обычной тонкой бумагой, но в этом случае придется устроить подсветку снизу, положив монтажную схему-аппликацию на стекло (чертить напросвет). Таким же способом по мон-

тажной схеме изготовляют чертеж монтажной платы, на котором намечают необходимые отверстия, вырезы и пр.

Итак, монтажная схема, наконец, закончена, по ней сделана монтажная плата, можно приступать непосредственно к монтажу, т. е. к установке деталей на плату и пайке их в схему. Однако прежде несколько слов о способах крепления деталей на плате.

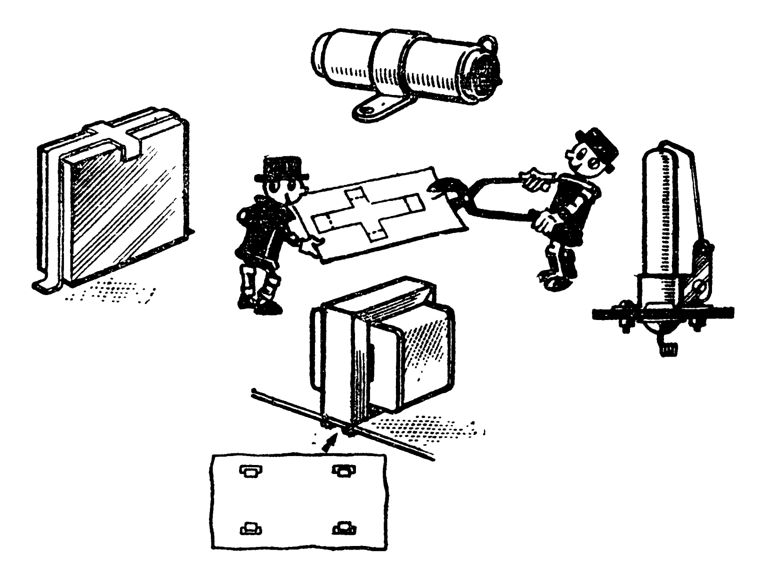


Рис. 26.

Детали, имеющие ушки, фланцы, лапки и т. п., а также экраны и расшивочные платы прикрепляют к шасси винтами с гайками, заклепками или пистонами (рис. 26). Для крупных деталей, не имеющих элементов крепления, изготовляют скобы или хомуты, которые прикрепляют к плате заклепками или винтами. Крепление электролитических конденсаторов типа КЭ-2 и переменных резисторов осуществляют следующим образом: в плате прорезают отверстие, в которое пропускают шейку детали, и на нее с обратной стороны панели навинчивают гайку. Некоторые детали, например трансформаторы, крепят лапками, пропущенными через круглые или прямоугольные отверстия в плате и загнутыми с обратной стороны. Контурные катушки крепят на плате с помощью клея БФ. Транзисторы укрепляют на плате клеем БФ (приклеивают за колпачок). Иногда для транзисторов в плате вырезают специальные отверстия. Выводы транзисторов и диодов укрепляют на опорных контактах.

Установив на плате все крупные детали, а также монтажные опоры и контактные платы, прокладывают провода. Кстати, о выборе монтажных проводов. В настоящее время при монтаже радиоаппаратуры применяются самые различные провода в полихлорви-

ниловой, резиновой или волокнистой изоляции. Провода с волокнистой изоляцией применяют для монтажа аппаратуры, работающей в нормальных по влажности условиях, когда исключены резкие колебания температуры окружающей среды, а также исключена конденсация влаги в радиоаппарате. Провода в полиэтиленовой, полихлорвиниловой и резиновой изоляции применяют для монтажа аппаратуры, работающей в условиях повышенной влажности с резкими колебаниями температуры.

По конструкции токопроводящей жилы монтажные провода могут быть однопроволочными негибкими и многопроволочными гибкими, у которых токопроводящие жилы свиты из большого числа тонких медных проволочек. Для жесткого монтажа применяют одножильные провода большого сечения. Многожильные провода, отличающиеся гибкостью и эластичностью, применяют для изготовления выводов катушек, в жгутах и гибких соединительных кабелях.

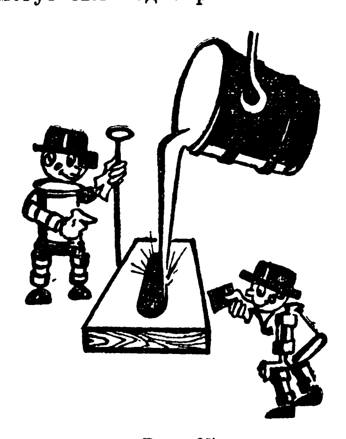


Рис. 27.

Пайка — это один из самых ответственных моментов монтажа, потому что от ее качества во многом зависит надежная работа приемника. Плохая пайка, при которой провод или вывод детали лишь «приклеен», вскоре приводит к нарушению электрического контакта в этом месте. В результате в громкоговорителе появляются шорохи и трески, а достаточно небольшой встряски, и такая небрежная пайка вообще разрушится, и приемник выйдет из строя.

Пайка заключается в следующем. Поверхности, которые нужно спаять, зачищают и покрывают флюсом. Затем нагретым паяльником набирают припой и прикасаются им к спаиваемым поверхностям. Когда они нагреются, припой растечется и после остывания прочно соединит их в одно целое. Как видишь, все очень просто! Однако хорошие пайки у начинающего радиолюбителя получаются не сразу. Нужны некоторые знания и практический опыт.

Пайку в радиоаппаратуре производят оловянно-свинцовыми припоями. Наиболее распространены припои марок ПОС-30, ПОС-40 и ПОС-60 (цифры указывают содержание олова в процентах). Припой можно изготовить самостоятельно. Для этого нужные количества олова и свинца нарезают мелкими кусочками, расплавляют свинец и добавляют к нему небольшими порциями олово. Когда все олово расплавится, припой тщательно перемешивают и выливают в форму (рис. 27).

При пайке малогабаритных деталей, транзисторов и полупроводниковых диодов следует применять легкоплавкий припой, например ПОС-60.

При пайке обязательно нужно применять флюс. Он служит для защиты спаиваемых поверхностей от окисления при нагреве их во

время пайки, а также для растворения пленки окислов, которая всегда имеется на металле. Благодаря этим свойствам флюс поддерживает спаиваемые поверхности в чистоте, обеспечивая тем самым хорошую смачиваемость их припоем, а следовательно, и надежную пайку. В качестве флюса при монтаже радиосхем употребляют только канифоль. Нельзя пользоваться для этой цели соляной кислотой, хлористым цинком, нашатырем и т. п., так как эти флюсы разрушают провода, окисляют место спая и приводят к нарушению электрического контакта. Канифоль для пайки надо брать чистую, прозрачную, светлую, желтоватого цвета. Такая канифоль дает меньше дыма, чем красновато-бурая. Очень удобно применять канифольный флюс КЭ — раствор одной весовой части мелко измельченной канифоли в двух частях спирта. При монтаже радиоаппаратуры удобнее всего пользоваться торцевыми электрическими паяльниками мощностью 50 *вт.* Рабочая часть стержня должна быть правильно запилена, причем так, чтобы на ней не было глубоких рисок. Затем надо залудить рабочую часть стержня. Для этого включают паяльник и когда он нагреется, прикасаются его рабочей частью к кусочку канифоли. Если паяльник нагрет достаточно, то канифоль расплавится и покроет тонким слоем рабочую часть стержня. Как только канифоль выгорит, надо снова погрузить рабочую часть стержня в канифоль и т. д. Когда паяльник нагреется до температуры плавления припоя, плоскость рабочей части паяльника прикладывают к прутку припоя. Припой расплавится и растечется по ней тонким слоем. Если в каком-либо месте припой не пристанет к поверхности рабочей части, то нужно окунуть ее в канифоль и снова приложить к припою.

Если от долгой работы на поверхности стержня паяльника появятся раковины, надо вновь запилить рабочую часть стержня и залудить.

Во время работы надо следить, чтобы паяльник не перегревался. Перегрев паяльника определяется тем, что при опускании его в канифоль она с шипением разбрызгивается, выделяя большое количество дыма. Пайка перегретым паяльником получается шероховатой и темной, припой плохо держится на рабочей части паяльника, которая быстро покрывается черной коркой нагара и перегоревшей канифоли. Нормальным нагревом надо считать такой, при котором припой быстро плавится, хорошо набирается на рабочую часть стержня паяльника, а канифоль остается на ней в виде кипящих капелек.

Для удобства рекомендую сделать подставку для паяльника с двумя коробочками для канифоли и припоя (рис. 28). На дно коробочек надо положить плотную бумагу — это предохранит их от загрязнения перегоревшей канифолью.

Перед пайкой радиодеталей в схему их надо подготовить: выпрямить контакты или выводы, зачистить и залудить. Лепестки переключателей, трансформаторов и т. п., а также выводы конденсаторов и резисторов обычно посеребрены или залужены. Их нужно слегка почистить. Но если серебряное покрытие сильно загрязнено, потемнело или покрылось желтым налетом, то контакт или вывод надо обязательно хорошо зачистить и залудить. Для залуживания нагретый паяльник опускают в канифоль, набирают немного припоя, а затем прикладывают рабочую часть стержня к залуживаемому контакту и нагревают контакт до тех пор, пока припой не покроет его ровным слоем. Чтобы контакт залудился

со всех сторон, его надо поворачивать. Если применяется жидкая канифоль (спиртовой раствор КЭ), то перед залуживанием контакт смачивают этим раствором кисточкой.

При залуживании надо обязательно следить за тем, чтобы отверстия на контактах переключателей, конденсаторов, монтажных планок и др. не были залиты припоем. Для этого припой надо наносить очень тонким слоем и протирать залуживаемый контакт тряпкой до того, как припой затвердеет. Рекомендую набирать на паяльник как можно меньше припоя. Выводы резисторов и конденсаторов также надо залуживать очень тонким слоем припоя, чтобы можно было изгибать их при установке в схему. Однако лучше изгибать их до залуживания. При этом расстояние от детали до сгиба должно быть не менее 5 *мм*.

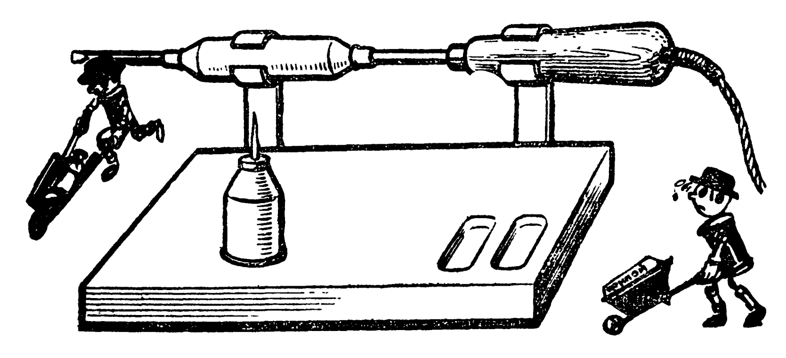


Рис. 28.

Подготовка монтажных проводов к пайке в схему заключается в снятии изоляции с концов провода. Изоляцию надо снять на длине 7—10 *мм*. Сделать это, не повредив жилы монтажного многожильного провода, не так-то просто. Ведь достаточно слегка надкусить или надрезать тоненькие проволочки, из которых свита жила, как они обламываются от тряски или ударов, и провод отрывается от контакта. Поэтому на радиозаводах применяют специальные и довольно сложные приспособления, исключающие надрез жил при снятии изоляции. Радиолюбители обычно снимают изоляцию ножом, но при этом часто надрезают жилы. Надо за этим следить, и если произошел надрез, то лучше провод обрезать и зачистить вновь. Можно снимать изоляцию и кусачками-бокорезами: при некотором опыте можно научиться закусывать ими изоляцию с таким усилием, что надрез жилы не происходит.

После снятия полихлорвиниловой изоляции проволочки жилы надо слегка скрутить, чтобы жила не «лохматилась». Если провод имеет волокнистую изоляцию или дополнительную волокнистую оплетку, то ее нужно закрепить нитроклеем или ниточным бандажом, как это показано на рис. 29. Можно также надеть на конец провода линоксиновую или полихлорвиниловую трубку.

Когда резисторы, конденсаторы и провода подготовлены к монтажу, их укрепляют на тех контактах, к которым они должны быть припаяны. Надо заметить, что многие радиолюбители при этом за-

бывают об очень важном моменте: они не укрепляют выводы деталей и провода на контактах, а лишь припаивают их. Это неправильно, такой монтаж очень непрочен, при тряске и ударах выводы деталей и провода быстро отрываются от контактов. Надо строго придерживаться следующего правила: пайка должна создавать

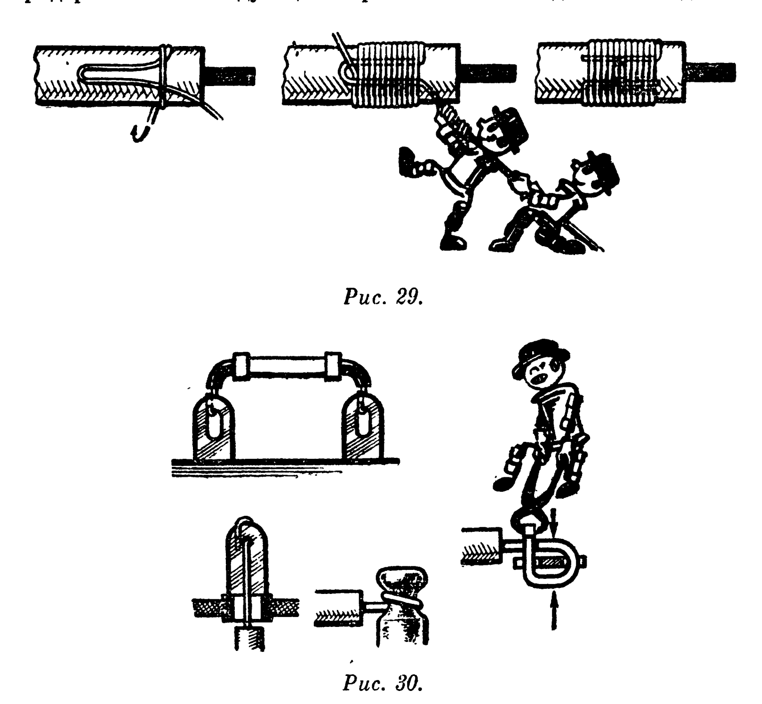


Рис. 29.

Рис. 30.

электрическое соединение вывода с контактом, а механическая прочность контакта должна быть обеспечена механическим закреплением вывода. Для этого контакты, выводные лепестки или контактные зажимы имеют специальные отверстия, в которые перед пайкой пропускают провод или вывод детали. Конец провода или вывода загибают и обжимают плоскогубцами (рис. 30). Некоторые контакты вместо отверстий имеют специальные фигурные вырезы; в таких случаях провод огибают вокруг контакта и обжимают. Наконец, если надо сростить два провода без опорного контакта, то их скручивают или на одном из них делают петсльку; затем это соединение пропаивают.

И еще одно правило, которое радиолюбители часто нарушают: при монтаже деталей надо их устанавливать таким образом, чтобы были хорошо видны надписи, т. е. можно было прочесть сопротивление данного резистора или емкость конденсатора.

Закрепив вывод детали или провод на контакте, приступают к пайке соединения. Для этого соединение слегка смачивают флюсом,

затем рабочую часть стержня паяльника опускают в канифоль, набирают припой и прикладывают стержень паяльника к месту спая. Не следует набирать много припоя: прочность пайки от этого не улучшится, а может произойти затекание припоя на другие контакты, вызывая замыкания и т. п. Припой должен только слегка покрыть место спая. Во время затвердевания припоя спаиваемые детали должны быть неподвижны. Не следует долго нагревать выводы резисторов и конденсаторов, так как это может изменить параметры деталей. Особенно чувствительны к нагреву транзисторы и полупроводниковые диоды. При пайке их выводов для отвода тепла надо обязательно вывод между корпусом транзистора и местом пайки придерживать плоскогубцами или толстым пинцетом.

Почему не работает?

Итак, усилитель собран. Остается подключить питание, присоединить ко входу детекторный приемник и... Но не торопись! Особенно не торопись подключать питание!

Теперь надо наладить собранный усилитель. И начинается налаживание с самой тщательной проверки смонтированной схемы усилителя. Проверь каждую цепь, каждый контакт, убедись еще раз, что выводы транзисторов, электролитических конденсаторов, трансформаторов и других деталей присоединены правильно. И только после этого включай питание, иначе можешь расплатиться за это транзисторами.

Однако случается, что схема собрана правильно, детали все исправные, а усилитель работает плохо: мала громкость, звук искаженный, хриплый. Не огорчайся — это всего лишь означает, что усилитель не налажен: транзисторы работают в ненормальном режиме и надо подобрать соответствующие резисторы. А может быть еще что-нибудь не так... Собственно, теперь и начинается самое интересное — надо оживить схему, заставить ее хорошо работать, а это и трудно, и интересно!

Но для того чтобы быстро и хорошо наладить усилитель (а впоследствии — и приемник, телевизор, магнитофон и т. п.), надо уметь производить хотя бы простейшие измерения тока и напряжения. Правда, некоторые радиолюбители считают шиком умение настроить любой радиоприемник и даже телевизор с помощью одной только отвертки. Но поверь, ни один серьезный радиолюбитель не рискнет браться за налаживание или ремонт радиоаппаратуры, не имея под рукой хотя бы ампервольтомметра. Без измерений можно лишь случайно наткнуться на неисправность. А ведь надо стремиться сознательно найти причину неисправности. Для этого необходимо ясно представлять себе, в каком состоянии находится радиоаппарат, а это невозможно без измерительных приборов. Только с их помощью можно выяснить, достаточное ли питание подается на транзисторы, в каком режиме они работают, узнать, на какие частоты настроены контуры.

Итак, об измерениях. Постоянный ток обычно измеряют приборами магнитоэлектрической системы, *амперметрами* или *миллиамперметрами*, в зависимости от величины измеряемого тока. Чтобы измерить таким прибором ток, проходящий по цепи, прибор надо включить в разрыв этой цепи, т. е. включить его в цепь последовательно. Это показано на рис. 31, *а*, где прибор A_1 измеряет ток

I_1, проходящий по резистору R_1, прибор A_2 — ток I_2 по резистору R_2, а прибор A_3 измеряет общий ток $I_{общ}$.

На практике один и тот же прибор используют для измерения токов в широком диапазоне — от единицы ампер до долей миллиампера. Нижний предел определяется чувствительностью прибора. Чем чувствительнее прибор, тем меньший ток может он измерять. Чтобы этим прибором можно было измерять токи, превышающие ток полного отклонения стрелки, применяют шунтирование. Для

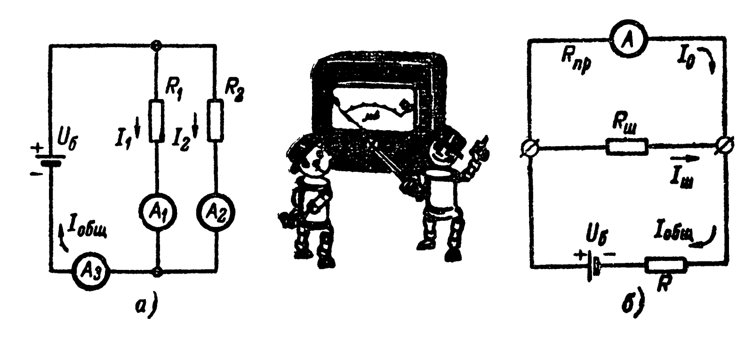


Рис. 31.

этого параллельно прибору включают резистор с небольшим сопротивлением (рис. 31, *б*). В этом случае через прибор A проходит часть общего тока цепи. Если сопротивление шунта $R_ш$ подобрано так, что через него проходит, например, 0,9 общего тока $I_{общ}$, то через прибор пройдет 0,1 общего тока, т. е. показания прибора будут в десять раз меньше действительной величины тока в общей цепи. Таким образом, прибором с током полного отклонения стрелки 1 *ма* можно измерить ток до 10 *ма*. Необходимое сопротивление шунта можно определить по формуле:

$$R_ш = R_{пр} \frac{I_0}{I_{макс} - I_0},$$

где $R_{пр}$ — внутреннее сопротивление прибора, *ом*; I_0 — ток полного отклонения стрелки прибора без шунта, *ма*; $I_{макс}$ — наибольший ток, который должен быть измерен, *ма*.

У прибора с шунтами имеется либо несколько шкал (соответственно числу шунтов), либо одна шкала, разделенная на деления. В последнем случае цена деления шкалы определяется положением переключателя шунтов.

Для измерения напряжения применяют *вольтметры*. Это те же высокочувствительные приборы магнитоэлектрической системы, что и для измерения тока. Однако при измерении напряжения, действующего на каком-либо участке цепи, прибор надо подключить параллельно этому участку. Это показано на рис. 32, *а*, где вольтметр V_1 измеряет напряжение на резисторе R_1, вольметр V_2 — на резисторе R_2, вольтметр V_3 измеряет общее напряжение на резисторах R_1 и R_2. Подключение вольтметра параллельно участку цепи уменьшает ее общее сопротивление, так как вольтметр обладает не

очень большим внутренним сопротивлением. Поэтому показания вольтметра будут отличаться от реального напряжения, которое было приложено к данному участку цепи до подключения прибора (они будут меньше).

Внутреннее сопротивление вольтметров принято характеризовать числом *ом*, приходящихся на 1 *в* шкалы (*ом/в*). При радиотехнических измерениях рекомендуется применять вольтметры, у которых это сопротивление не менее 5 000—10 000 *ом/в*.

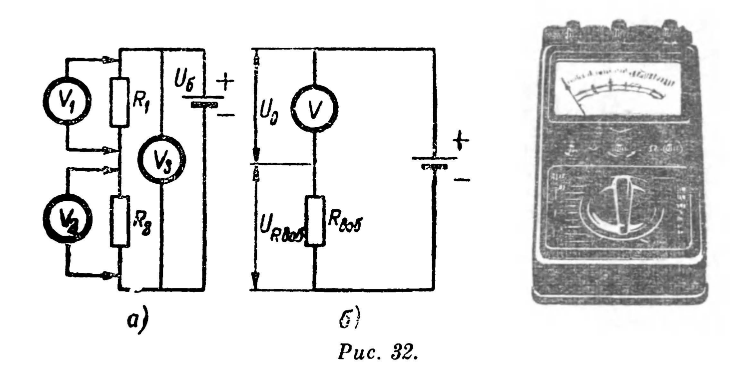


Рис. 32.

Вольтметр так же, как и амперметр, можно сделать многопредельным. Для этого последовательно с вольтметром включают добавочное сопротивление (рис. 32, *б*). В этом случае бо́льшая часть измеряемого напряжения падает на резисторе $R_{доб}$, а меньшая — на приборе. Сопротивление добавочного резистора можно подсчитать по формуле

$$R_{доб} = \frac{1\,000\, U_{макс}}{I_0} - R_{пр},$$

где $U_{макс}$ — наибольшее напряжение, которое может быть измерено прибором с добавочным резистором, *в*; I_0 — ток полного отклонения стрелки прибора, *ма*; $R_{пр}$ — внутреннее сопротивление прибора, *ом*.

Чем чувствительнее прибор, тем больше сопротивление резистора $R_{доб}$ и входное сопротивление вольтметра. Обычно многопредельные вольтметры имеют несколько добавочных резисторов, которые можно подключить с помощью переключателя в зависимости от нужного предела измерения.

Я рассказал так подробно о приборах для измерения тока и напряжения для того, чтобы, если у тебя не окажется универсального *ампервольтомметра* (прибора для измерения тока, напряжения и сопротивления, которые обычно продаются в радиомагазинах), ты смог его сделать самостоятельно, купив измерительную головку — микроамперметр; стоит он недорого: 3—5 руб.

Как же практически подобрать режим работы транзисторов? Нагрузкой каскада является резистор $R_к$(рис. 18), а сопротивления резисторов R_1 и R_2 определяют напряжение базового смещения.

От сопротивления резистора нагрузки зависят коэффициент усиления каскада, амплитуда и мощность выходного сигнала. От сопротивления же резисторов R_1 и R_2 зависит величина искажений.

Подгонку режима начинают с измерения напряжений на электродах транзистора. Сопротивление резистора $R_э$ в цепи эмиттера обычно невелико, поэтому измерить падение напряжения на этом сопротивлении можно с помощью обычного вольтметра с входным сопротивлением порядка 3 *ком/в* и более. Если сопротивление резистора $R_к$ не превышает 5 *ком*, то напряжение на коллекторе можно измерить с помощью такого же прибора. При большем сопротивлении резистора $R_к$ следует пользоваться более высокоомным вольтметром (лучше всего — ламповым), но это напряжение можно измерить и косвенным путем. Для этого измеряют напряжение на резисторе $R_э$ и определяют ток через транзистор:

$$I = \frac{U_э}{R_э} .$$

Пренебрегая током базы, который весьма невелик, можно считать, что токи в коллекторной и эмиттерной цепях равны и через резистор $R_к$ тоже проходит ток, равный I. Поэтому напряжение на коллекторе $U_к = E_к - IR_к$.

В большинстве случаев сопротивления резисторов R_1 и R_2 из соображений экономии питания выбирают значительной величины — обычно порядка единиц или десятков килоом. Такая величина соизмерима с входным сопротивлением лучших магнитоэлектрических вольтметров на шкалах 1—3 *в* и, следовательно, напряжения $U_б$ и $U_{бэ}$ можно измерять только ламповым вольтметром. Впрочем, необходимость в измерении этих напряжений встречается редко. Обычно оказывается достаточным тем или иным путем определить ток коллектора (или эмиттера).

Если измеренный ток значительно отличается от рекомендованного (рекомендованные токи и напряжения проставлены на принципиальных схемах), его нужно отрегулировать. Как уже говорилось, это делается подбором резистора R_1 делителя в цепи базы (рис. 18). Если ток коллектора (эмиттера) больше, чем нужно, то сопротивление этого резистора увеличивают. Если ток оказался меньше, чем нужно, то сопротивление уменьшают.

Делать это надо осторожно, постепенно, не перескакивая сразу через несколько номиналов. Особенно осторожно надо увеличивать ток коллектора Если сразу поставить резистор R_1 со слишком малым сопротивлением, то транзистор может выйти из строя.

Если у тебя есть омметр, то регулировку можно значительно упростить: вместо резистора R_1 включают потенциометр с сопротивлением 50—100 *ком* и поворачивают его ручку до получения необходимого коллекторного тока транзистора. Для предотвращения выхода транзистора из строя между потенциометром и базой следует включить ограничивающий резистор сопротивлением 5—10 *ком*. Когда нужный коллекторный ток получен, измеряют получившееся сопротивление потенциометра и впаивают в схему резистор с таким сопротивлением.

В двухтактной схеме выходного каскада (рис. 22) вначале устанавливают сопротивление резистора R_{12} в пределах 27—270 *ом*, а затем подбирают сопротивление резистора R_{11} до получения тока коллектора обоих транзисторов в пределах 2—4 *ма*. Чем меньше со-

противление резистора R_{12}, тем меньше должно быть сопротивление резистора R_{11} и, следовательно, тем больше будет расход энергии источника питания. Однако чем больше сопротивление резистора R_{12}, тем меньше коэффициент усиления и выходная мощность каскада. Кроме того, от сопротивлений резисторов R_{11} и R_{12} зависит величина искажений.

При установке токов каскадов предварительного усиления, а также напряжения на коллекторах транзисторов этих каскадов надо иметь в виду, что чем меньше эти токи и напряжения, тем меньше шумы, прослушиваемые в громкоговорителе. Если усилитель многокаскадный и с большим коэффициентом усиления, то первый каскад должен работать в очень облегченном режиме, иначе усилитель будет сильно шуметь. Конечно, облегчая режим каскадов предварительного усиления, не надо забывать и о снижении коэффициента усиления.

Когда режим работы транзисторов подобран, можно приступать к дальнейшему налаживанию усилителя. По началу редко случается, что после сборки приемника приходится лишь подобрать режим работы транзисторов. Обычно при подгонке режима одновременно приходится выявлять и устранять различные дефекты монтажа в каскаде, без чего невозможно подогнать режим. Например, обрыв в коллекторной цепи приводит к отсутствию напряжения на коллекторе. Чтобы подобрать ток коллектора, надо найти и устранить эту неисправность.

Отрегулировав режимы всех транзисторов, к выходу усилителя подключают громкоговоритель. Теперь надо убедиться, что усилитель не самовозбуждается. Самовозбуждение усилителя проявляется в том, что в громкоговорителе слышен звук определенного тона: или очень высокий, или низкий, порядка 200 *гц*. Иногда возникает так называемый «моторный шум» — генерация на очень низкой частоте. В большинстве случаев причиной самовозбуждения являются паразитные связи между каскадами.

Бороться с самовозбуждением можно прежде всего рациональным монтажом, при котором базовые и коллекторные цепи каскадов удалены друг от друга и имеют минимальную длину. Самовозбуждение усилителя низкой частоты может возникнуть и при истощении батареи питания. В этом случае, если нельзя заменить батарею, параллельно ей следует подключить конденсатор емкостью не менее 50 *мкф*.

Самовозбуждение, выражающееся в свистах очень высоких тонов при максимальном усилении, обычно вызывается емкостной связью между оконечным и первым каскадами. Для устранения этой связи надо экранировать провод, идущий к регулятору громкости от первого транзистора, а также провода, идущие к выходному трансформатору.

При прерывистой генерации, если ее не удается устранить описанными мерами, надо попробовать уменьшить емкость переходного конденсатора C_1 (рис. 22).

Если после включения усилителя громкоговоритель молчит, то надо проверить общую работоспособность усилителя. Для этого на вход усилителя подают сигнал звуковой частоты, например, от радиотрансляционной сети, через делитель, показанный на рис. 33 (в скобках приведены значения емкостей и сопротивлений для напряжения линии 30 *в*). При этом в громкоговорителе должна звучать передача, что свидетельствует, конечно, в общих чертах, об ис-

правности усилителя. Если передачи не будет слышно, то возможно следующее: либо неисправны оба каскада, либо какой-нибудь один: выходной или каскад предварительного усиления. Чтобы выяснить, какой из каскадов виноват, подают сигнал на базу транзистора выходного каскада. Если каскад исправен, то передача должна появиться; правда, она будет тихая, так как работает всего один каскад. В этом случае надо предположить, что неисправен каскад предварительного усиления. Если же передача не появится и в этом случае, то виноват прежде всего выходной каскад.

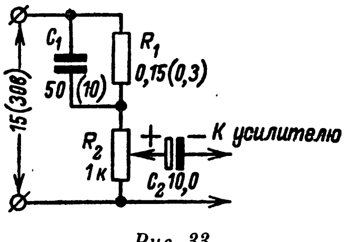


Рис. 33.

Добившись устойчивой работы усилителя, переходят к проверке качества звуковоспроизведения. Для этого громкоговоритель помещают в предназначенный для него ящик, присоединяют к усилителю проигрыватель грампластинок и оценивают качество звучания. Ты, конечно, догадываешься, что воспроизведение будет естественным в том случае, если усилитель равномерно усиливает все частоты звукового диапазона. Большое влияние на качество воспроизведения оказывает правильный выбор режимов работы транзисторов, особенно напряжений на базе.

Зачем увеличивать чувствительность?

Итак, ты собрал «громкоговорящий» детекторный приемник. И, конечно, очень доволен! Но...

Но почему он принимает только местные радиостанции? Чем же он отличается от других — настоящих — радиоприемников, способных принимать сотни далеких радиостанций?

Чтобы ответить на эти вопросы, придется познакомить тебя с одним из очень важных параметров приемника: его *чувствительностью.*

Чувствительность — это способность приемника принимать слабые радиосигналы. Слабая или дальняя радиостанция создает в антенне приемника значительно меньшую электродвижущую силу сигнала, чем мощная или близкая. Естественно поэтому, громкость, с которой слышна дальняя радиостанция, значительно меньше громкости близкой радиостанции. Если бы условия радиоприема были идеальными, то чем дальше и чем слабее радиостанция, тем с меньшей громкостью она была бы слышна, но даже сигналы от очень дальних радиостанций все же можно было услышать, хотя и едва-едва. Однако прислушайся к своему «громкоговорящему» детекторному приемнику: даже при отсутствии сигнала радиостанции он шумит. Часть этого «шума» попадает из антенны — это так называемые атмосферные и промышленные помехи, а другая часть — это внутренние шумы (их еще называют «собственными»), вызванные хаотическим движением электронов в транзисторах, резисторах и других электрических цепях. Все эти

шумы заглушают слабенькие сигналы далеких радиостанций. Поэтому приемник способен принимать только те радиостанции, которые создают в его антенне сигналы, превышающие шумы (атмосферные и внутренние) по крайней мере в 10 раз. Таким образом, чувствительность приемника во многом зависит от того, насколько он шумит. Кроме того, чувствительность зависит от усилительной способности приемника, — ведь чем большим усилением обладает приемник, тем более слабые сигналы он способен принимать. Поэтому в радиотехнике характеризуют чувствительность приемника напряжением (в микровольтах или милливольтах) высокочастотного сигнала на его входе, когда на выходе приемника развивается нормальная электрическая мощность — 5 *мвт* (т. е. нормальная мощность «громкоговорящего» приема). При этом делается оговорка, что уровень внутренних шумов приемника должен быть меньше уровня «полезной радиопередачи» по крайней мере в 10 раз.

Однако тут надо сделать очень важное пояснение. Как ты думаешь, стал ли твой детекторный приемник чувствительнее от того, что ты присоединил к нему усилитель низкой частоты?

Вообще-то, конечно, он стал чувствительнее, потому что позволил значительно увеличить громкость приема радиостанций. И у тебя может создаться представление, что чем мощнее усилитель низкой частоты, тем чувствительнее приемник. Но это не так.

Дело в том, что детектор нормально работает (т. е. без искажений) только при достаточно большом сигнале (не менее 30 *мв*), который поступает на его вход. Если сигнал очень мал, то детектор вносит значительные искажения и хотя усилитель низкой частоты, обладающий большим коэффициентом усиления, окажется способным «дотянуть» этот слабый сигнал до мощности 5 *мвт*, но принимаемая радиопередача окажется очень искаженной. Кроме того, если на вход усилителя низкой частоты подать очень слабый сигнал, соизмеримый по величине с внутренними шумами усилителя (а чем больше коэффициент усилителя, тем больше шумы усилителя!), то требование о превышении сигнала над шумами в 10 раз не будет соблюдаться, а это будет означать еще большие искажения принимаемой радиопередачи. Таким образом, для увеличения чувствительности необходим усилитель высокой частоты, усиливающий принимаемый высокочастотный сигнал еще до его детектирования.

Схема усилителя высокой частоты приведена на рис. 34. Транзистор включен по обычной схеме, нам уже знакомой: резисторы R_1 и R_2 образуют делитель, с помощью которого на базу транзистора подается отрицательное напряжение 1,5—1,8 *в*. Постоянная составляющая тока эмиттера транзистора, проходя по резистору R_4, создает на нем падение напряжения минус 1,3—1,4 *в*. Таким образом, на базе транзистора относительно эмиттера будет небольшое отрицательное смещение 0,2—0,4 *в*. Чтобы переменная составляющая тока эмиттера не создавала на резисторе R_4 падения напряжения, этот резистор шунтирован конденсатором C_4. Нагрузкой каскада является резистор R_3, включенный в коллекторную цепь.

База транзистора через конденсатор C_2 соединена с катушкой связи L_2, а через эту катушку она связана с колебательным контуром L_1C_1; обе катушки расположены на стержне магнитной антенны *МА*. Такая сложная связь базы транзистора с колебательным контуром выбрана потому, что колебательный контур нельзя подключить непосредственно к базе транзистора, так как в этом слу-

чае контур окажется зашунтированным очень малым входным сопротивлением транзистора. Естественно, при этом его резонансные свойства значительно ухудшаются, и приемник потеряет способность различать радиостанции, работающие на разных частотах, т. е. он потеряет избирательность. Одновременно с потерей избирательности при шунтировании колебательного контура уменьшается и громкость приема. Все это и заставляет подключать транзистор к колебательному контуру через высокочастотный трансформатор, каким является сочетание катушек L_1 и L_2, надетых на ферритовый стержень антенны *МА*.

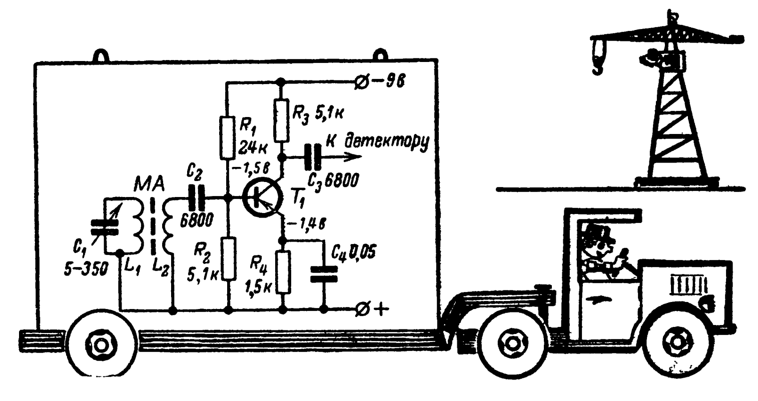


Рис. 34.

Хочу обратить твое внимание на то, что этот высокочастотный трансформатор — понижающий, так как число витков катушки связи L_2 в 30 раз меньше числа витков катушки колебательного контура L_1. Естественно, что он в 30 раз уменьшает высокочастотное напряжение на базе транзистора по сравнению с напряжением сигнала в антенне. На первый взгляд кажется, что это очень плохо. Но надо иметь в виду, что на входе транзисторного каскада нам важна не столько величина входного напряжения сигнала, сколько его мощность. А она, при использовании понижающего трансформатора на входе, который улучшает согласование сопротивления колебательного контура с входным сопротивлением усилителя, может оказаться даже больше той, которая попала бы на вход усилителя в случае прямого подключения контура. Кроме того, лучше потерять на величине сигнала (ведь сигнал можно усилить!), чем ухудшить избирательность приемника. А чем меньше витков в катушке L_2, тем меньше транзистор шунтирует колебательный контур L_1C_1, который «заведует» избирательностью приемника.

Можно считать, что коэффициент усиления транзисторного каскада, схему которого мы рассматриваем, равен 20. Этого может оказаться мало. Поэтому необходимо ввести второй каскад усиления высокой частоты (рис. 35). Схема второго каскада совершенно такая же, как и первого. Поэтому, если его коэффициент усиления тоже 20, общее усиление двух каскадов составит $20 \times 20 = 400$. Это не только покроет потери, внесенные высокочастотным антенным

трансформатором, но и значительно увеличит чувствительность приемника.

И все же приемник с таким усилителем высокой частоты будет не очень чувствительным, хотя, конечно, он может принимать не только мощные местные радиостанции, как детекторный. Однако более удаленные радиостанции, создающие в антенне очень слабый сигнал, он все же не сможет принять.

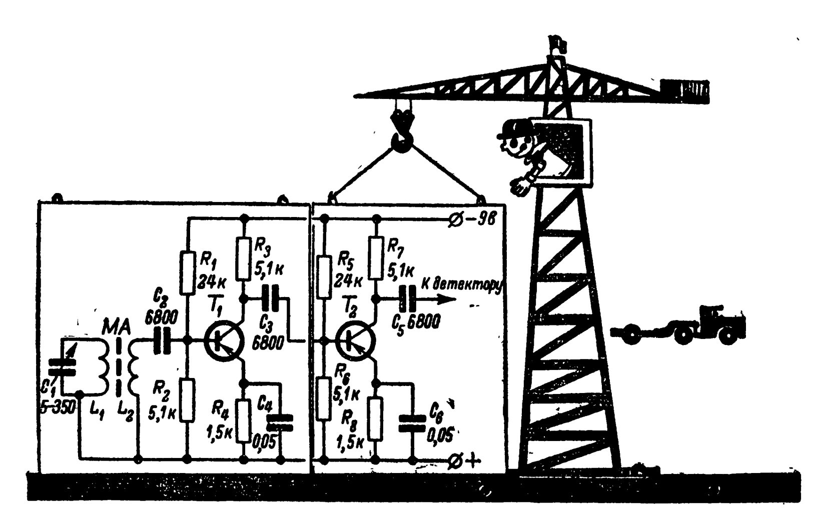


Рис. 35.

Давай сделаем маленький расчет и ты убедишься, что это действительно так. Отдаленные радиостанции создают в антенне приемника сигнал, не превышающий 1—5 *мв*. Как мы выяснили ранее, на детектор приемника надо подать сигнал с напряжением не менее 30 *мв*. При этом надо еще учесть, что из-за включения на входе усилителя понижающего антенного трансформатора L_1L_2 на базу первого транзистора подается всего $1:30=0{,}03$ *мв*. Следовательно, чтобы усилить сигнал от уровня 0,03 *мв* до 30 *мв* надо иметь коэффициент усиления $30:0{,}03=1\,000$. А наш двухкаскадный усилитель обладает коэффициентом усиления только 400 или немного больше. Как же быть?

Очевидно, необходим еще один каскад усиления. Тогда общий коэффициент усиления будет равен $20\times20\times20=8\,000$, т. е. даже много больше необходимого. Но...

Я уже говорил, что в усилителе существуют так называемые паразитные обратные связи, приводящие к самовозбуждению, т. е. превращению усилителя в генератор. Чем больше каскадов и чем выше усиление, тем сильнее эти связи, тем вероятнее самозбуждение усилителя. И поверь мне, трехкаскадный усилитель высокой частоты почти наверняка начнет самовозбуждаться: свистеть, искажать прием радиостанции.

Значительно проще увеличить коэффициент усиления, применив вместо третьего усилительного каскада повышающий трансформатор, в этом случае только придется экранировать этот трансформатор, чтобы «уберечь» его от емкостных и индуктивных связей с остальными каскадами усилителя. Но подключить выход усилителя, показанного на рис. 35, непосредственно к повышающему трансформатору нельзя — вспомни, что мы говорили о необходимости согласования, когда рассматривали работу усилителя низкой частоты. Выход усилителя высокой частоты сравнительно высокоомен и если к нему подключить повышающий трансформатор, нагруженный на детектор, который обладает малым входным сопротивлением (а повышающий трансформатор еще уменьшает это сопротивление!), то усилитель высокой частоты окажется в очень невыгодных условиях и его усиление будет небольшим. Надо между повышающим трансформатором и выходом усилителя высокой частоты включить какое-то согласующее устройство, чтобы согласовать высокоомный выход усилителя с низкоомным входом повышающего трансформатора. Таким согласующим устройством является уже знакомый тебе эмиттерный повторитель, который обладает большим входным и малым выходным сопротивлениями.

Схема усилителя высокой частоты с эмиттерным повторителем, повышающим трансформатором и детектором приведена на рис. 36.

Нагрузкой по постоянному току эмиттерного повторителя является резистор R_9; изменяя его сопротивление, устанавливают ток коллектора транзистора T_3 равным 3 *ма*. Нагрузкой по переменному току (т. е. по высокочастотному сигналу) является трансформатор L_3, который присоединен к эмиттеру транзистора через конденсатор C_6. База транзистора эмиттерного повторителя подключена непосредственно к коллектору транзистора T_2 второго каскада усилителя.

Как тебе известно, эмиттерный повторитель не дает усиления по напряжению (даже чуть-чуть его снижает). Коэффициент трансформации повышающего трансформатора L_3 выбран 1 : 6. Поэтому можно считать, что каскад «эмиттерный повторитель — трансформатор L_3» обладает коэффициентом усиления 5—6. В этом случае общий коэффициент усиления всего усилителя равен $20\times20\times5=$ $=2\,000$, т. е. даже больше нам необходимого. Возможно, общий коэффициент усиления еще больше, но это зависит от того, какие транзисторы применены в усилителе.

Усилительные свойства каскада зависят в первую очередь от коэффициента передачи по току $h_{21э}$ примененного транзистора. Чем больше коэффициент $h_{21э}$, тем больше коэффициент усиления каскада, а значит и всего усилителя. У транзисторов одного и того же типа этот коэффициент может иметь значения от 10—15 до 150—300. Ввиду такого большого разброса значений коэффициента $h_{21э}$ транзисторы на заводах сортируют по группам (например, А. Б, В, Г и т. д.), причем в пределах каждой группы разброс этого коэффициента обычно невелик. Лучше выбирать транзистор такой группы, у которой этот коэффициент составляет 40—60. Тогда и коэффициент усиления всего усилителя будет больше. Но надо заметить, что этот коэффициент зависит от частоты, на которой работает каскад; при повышении частоты коэффициент $h_{21э}$ уменьшается. Наконец, при достижении некоторой граничной частоты $f_{макс}$ (так называемая максимальная частота генерации) этот ко-

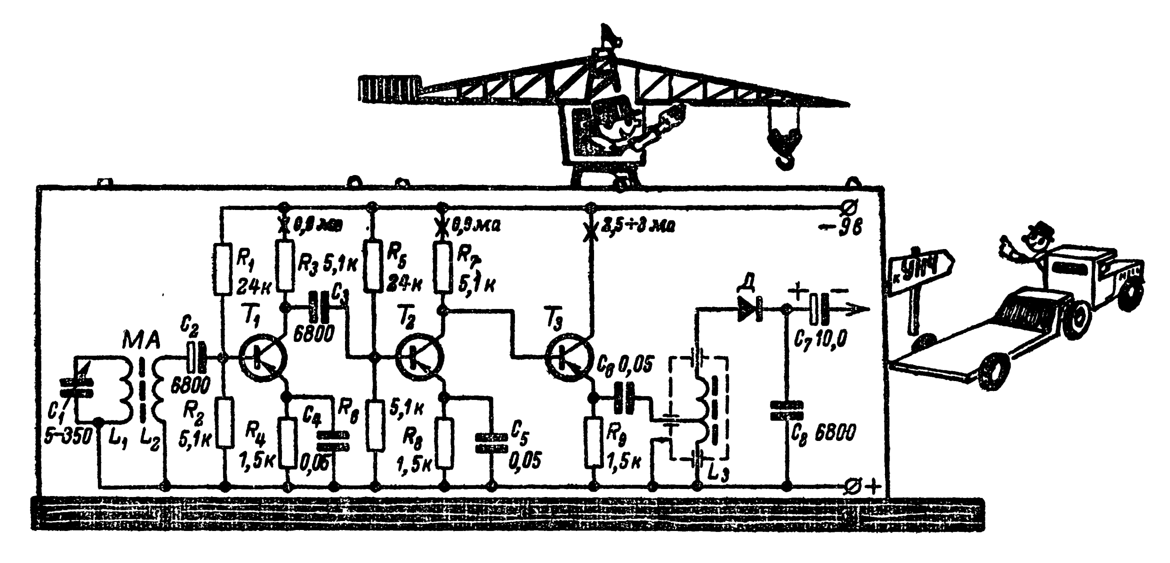

0,9 ма
2,5÷3 ма
−9 в
к УНЧ
МА
C_1
5–350
L_1
L_2
C_2
6800
R_1
24к
R_2
5,1к
T_1
R_3 5,1к
C_3
6800
R_4
1,5к
C_4
0,05
R_6
R_5
24к
5,1к
T_2
R_7
5,1к
R_8
1,5к
C_5
0,05
T_3
C_6 0,05
R_9
1,5к
L_3
Д
C_7 10,0
C_8 6800

Рис. 36.

эффициент становится равным единице, т. е. транзистор перестает усиливать сигнал. По мере приближения к этой частоте коэффициент $h_{21э}$ постепенно снижается. Поэтому в зависимости от частоты, на которой работает усилитель, выбирают транзисторы такого типа, у которых частота $f_{макс}$ по крайней мере в 20—30 раз выше той максимальной частоты, на которой будет работать усилитель. Только в этом случае транзисторы будут обладать тем коэффициентом $h_{21э}$, который указан в справочнике, а усилитель — большим коэффициентом усиления.

Выберем с этой точки зрения транзисторы, которые пригодны для работы в нашем усилителе высокой частоты. Помнишь, для усилителя низкой частоты мы применили транзисторы типа П13—П15, МП40—МП41. Частота $f_{макс}$ у этих транзисторов не превышает 1,5 *Мгц*. А максимальная частота, на которой будет работать наш усилитель, — это высокочастотный конец средневолнового диапазона, т. е. тоже 1,5 *Мгц*. Как видишь, условие, чтобы частота $f_{макс}$ транзистора была в 20—30 раз выше максимальной рабочей частоты усилителя, не удовлетворяется.

Да это и не удивительно, ведь перечисленные транзисторы низкочастотные, они предназначены для работы на звуковых частотах. Придется нам взять специальные высокочастотные транзисторы типа П401—П403, П422, П423, ГТ310, ГТ322 и т. п. Например, у транзисторов П401 частота $f_{макс}$ =30 *Мгц*, у транзисторов П402 и П422 $f_{макс}$ =60 *Мгц*, у транзисторов П403 и П423 $f_{макс}$ =120 *Мгц*, а у транзисторов ГТ310А и ГТ310Б достигает даже 160 *Мгц*. Вот эти транзисторы нам подойдут, причем можно не стремиться достать транзисторы обязательно с высоким коэффициентом $h_{21э}$, вполне достаточно транзистора с коэффициентом 15—30, максимум 60, так как при больших значениях коэффициента $h_{21э}$ чувствительность усилителя увеличивается незначительно, а чем выше коэффициент $h_{21э}$, тем обычно дороже транзистор и работает он менее устойчиво.

Теперь об остальных деталях схемы усилителя. Катушки магнитной антенны наматывают на ферритовом стержне диаметром 7—8 *мм* и длиной около 100 *мм* проводом ПЭЛ, ПЭВ или ПЭЛШО диаметром 0,1 *мм*. Намотку катушек производят на стержень антенны, предварительно обернутый двумя - тремя слоями бумаги. Катушка L_1 содержит 250 витков, намотанных аккуратно виток к витку. Общая длина намотки этой катушки около 50 *мм*. Катушка L_2 содержит 8 витков и расположена рядом с катушкой L_1. Концы обмоток закрепляют клеем БФ.

Трансформатор L_3 наматывают на ферритовом кольце марки 1000НН диаметром 8—10 *мм* и содержит 300 витков провода ПЭВ-0,1. От 50-го витка сделан отвод. Этот трансформатор необходимо хорошо экранировать, а экран «заземлить», т. е. электрически соединить с общим «плюсовым» проводом усилителя. Если этого не сделать, то возможно самовозбуждение усилителя. В качестве экрана можно использовать алюминиевую фольгу, применяемую для обертки шоколада. Сначала трансформатор заворачивают в кусок писчей бумаги, затем в фольгу и снова в бумагу. Поверх фольги следует намотать один - два витка тонкого луженого провода, свободный конец которого и будет служить выводом экрана, подключенным к «плюсовому» проводу.

Как ты, вероятно, заметил, входной контур не имеет переключателя диапазонов. Параметры контура, т. е. индуктивность ка-

тушки L_1 и пределы изменения емкости конденсатора C_1, подобраны таким образом, что при изменении емкости этого конденсатора от 5 до 350 *пф* настройка контура перекрывает почти полностью средневолновый и длинноволновый диапазоны. В этом легко убедиться с помощью простейшего расчета. Собственная емкость катушки L_1 около 3 *пф*. Значит, общая емкость контура L_1C_1 изменится в пределах 8—353 *пф*. Из теоретической радиотехники известно, что изменение частоты настройки контура (коэффициент диапазона $K_д$) зависит от изменения емкости контура следующим образом:

$$K_д = \frac{f_{макс}}{f_{мин}} = \sqrt{\frac{C_{макс}}{C_{мин}}},$$

где $f_{макс}$ — максимальная частота настройки контура, *кгц*; $f_{мин}$ — минимальная частота настройки контура, *кгц*; $C_{макс}$ и $C_{мин}$ — пределы изменения емкости контура, *пф*.

Следовательно,

$$K_д = \sqrt{\frac{C_{макс}}{C_{мин}}} = \sqrt{\frac{353}{8}} = 6{,}64.$$

Предыдущую формулу можно решать относительно $f_{мин}$, приняв $f_{макс} = 1\,500$ *кгц* (это почти высокочастотный конец средневолнового диапазона):

$$f_{мин} = \frac{f_{макс}}{K_д} = \frac{1\,500}{6{,}64} = 226\ кгц.$$

Как ты знаешь, длинноволновый диапазон начинается от 150 *кгц*. Таким образом, при перестройке контура L_1C_1 с выбранными параметрами не захватывается низкочастотный конец длинноволнового диапазона и высокочастотный конец средневолнового. Зато мы обошлись без переключателя! Конечно, если конденсатора именно с таким перекрытием у тебя не окажется, а ты достанешь другой, у которого перекрытие будет меньшее, то диапазон перестройки контура L_1C_1 будет еще меньшим (попробуй подсчитать, какой он будет). Если это тебя не устроит, то лучше перестраивать приемник только в пределах средневолнового диапазона, — в этом случае этот диапазон будет перекрываться полностью, от 520 до 1 600 *кгц* (о том, как настроить контур L_1C_1, будет рассказано в следующей главе).

Итак, все детали подобраны, можно строить усилитель высокой частоты. Но...

Приемник в кармане

Но, я полагаю, теперь уже лучше делать целиком новый приемник, состоящий из усилителя высокой частоты, детектора и усилителя низкой частоты. И наверно тебе захочется сделать приемник малогабаритным, чтобы его можно было взять с собой в лес, на речку, в туристский поход.

Принципиальная схема такого приемника приведена на рис. 37. Схемы всех блоков приемника нами уже рассмотрены — ведь это схемы на рис. 22 и 36, соединенные вместе.

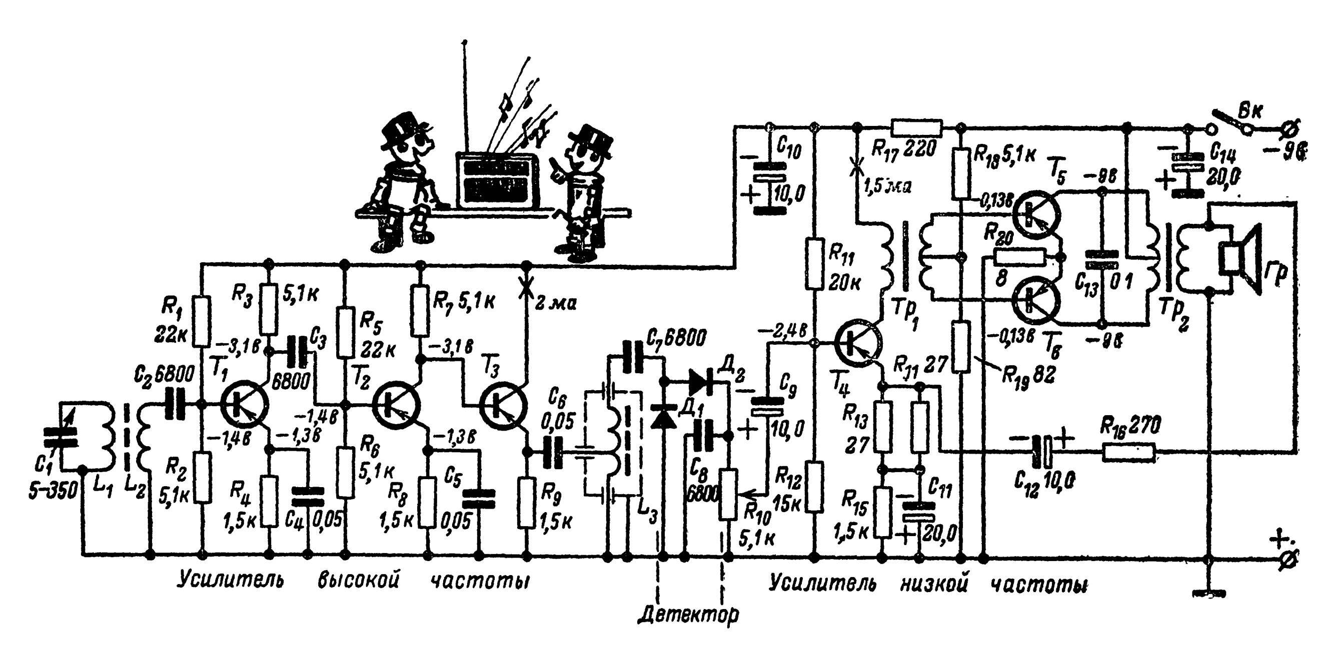

Усилитель высокой частоты
Детектор
Усилитель низкой частоты
Вк
−9в
2 ма
1,5 ма
Гр
Тр1
Тр2

Рис. 37.

Однако есть и отличия: в приемнике применен так называемый детектор с удвоением, который обладает тем достоинством, что на его выходе получается низкочастотное напряжение примерно в 2 раза большее, чем в детекторе с одним диодом (а именно такой детектор мы применяли в детекторном приемнике). Это позволило исключить входной эмиттерный повторитель в усилителе низкой частоты и тем самым сократить количество транзисторов приемника, а значит, и расход энергии (последнее очень важно для карманного приемника). Правда, при этом несколько снизится усиление (вспомни, что мы говорили о согласовании выхода детектора с входом усилителя низкой частоты), но оно останется вполне достаточным для «громкоговорящего» приема даже удаленных радиостанций.

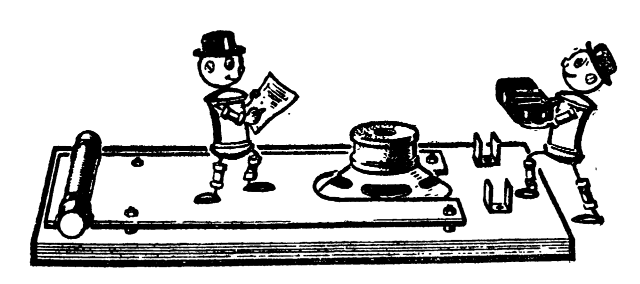


Рис. 38.

Детали к приемнику у тебя, видимо, уже подобраны. Замечу только, что резисторы и конденсаторы надо взять специально предназначенные для малогабаритных транзисторных приемников: резисторы постоянные типа УЛМ-0,12 (их электрическая мощность 0,12 *вт*), конденсаторы постоянные типа КДС, КЛС и МБМ, конденсаторы электролитические типа ЭМ, К-53 или К50-6 на номинальное напряжение 10 *в*. Естественно, что громкоговоритель теперь тоже должен быть малогабаритный, типа 0,1ГД-6, 0,15ГД-1, 0,1ГД-3 и т. п.

Диоды $Д_1$ и $Д_2$ должны быть типа Д1 или Д9.

Теперь можно приступить к составлению монтажной схемы. Для этого вначале приготовь силуэты (аппликации) в натуральную величину всех деталей приемника. Затем возьми лист миллиметровки, начерти на нем прямоугольник 90×70 *мм* и попытайся уложить в нем детали. При этом придерживайся следующих исходных положений.

Громкоговоритель и магнитная антенна должны быть расположены как можно дальше друг от друга, чтобы не было взаимного влияния их магнитных полей. Поэтому, если магнитную антенну ты расположил в правой части платы, то громкоговоритель следует расположить в левой части платы (рис. 38). Обрати внимание, что громкоговоритель крепится не к монтажной плате, а к специальной отражательной доске, изготовленной из фанеры толщиной 2—3 *мм*, которая скреплена с монтажной платой винтами и втулками.

На отраженной доске, рядом с громкоговорителем, укрепляют и батарею питания — батарею «Крона» или какую-либо другую,

имеющую напряжение 9 *в*. Еще лучше использовать малогабаритную аккумуляторную батарею 7Д-0,1, которую можно подзаряжать. Для подключения батареи к приемнику надо сделать переходную колодку с контактами.

Далее надо наметить места установки транзисторов. При этом следует расположить транзисторы на плате таким образом, чтобы резисторы, конденсаторы и другие детали, образующие с данным транзистором каскад, группировались вокруг него и не перемешивались с деталями других каскадов. Такой принцип компоновки

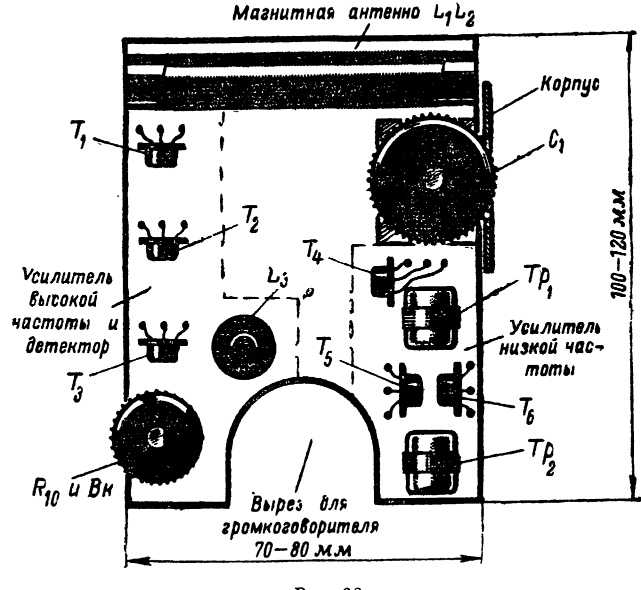


Рис 39.

деталей позволит создать схему с малыми паразитными связями между каскадами, а это убережет приемник от самовозбуждения. Лучше всего будет сделать так: установить транзисторы цепочкой согласно их расположению в принципиальной схеме, и на таком расстоянии, чтобы вокруг можно было расположить остальные детали схемы. Например, в левой половине монтажной платы установить транзисторы усилителя высокой частоты T_1, T_2 и T_3, а в правой половине — транзисторы усилителя низкой частоты T_4, T_5 и T_6.

Примерное расположение деталей на плате приемника показано на рис. 39. Подчеркиваю: примерное расположение, потому что оно зависит от размера тех деталей, которые у тебя имеются.

Все детали располагаются по одну сторону платы, а соединительные провода — по другую сторону, которая обращена к отраженной доске. При этом детали крепятся на монтажных стойках и заклепках, закрепленных в отверстиях платы. Например, выводы транзисторов распаиваются на три пистона, к которым подпаяны

выводы соответствующих деталей. Вместо пистонов можно использовать медные монтажные стойки из проволоки.

Впрочем, я забегаю вперед: ведь сначала надо расположить на бумаге-плате детали и наметить места, в которых будут установлены монтажные опоры (пистоны или наклепки). Когда все это сделано (рис. 40), надо посмотреть, насколько равномерно расположи-

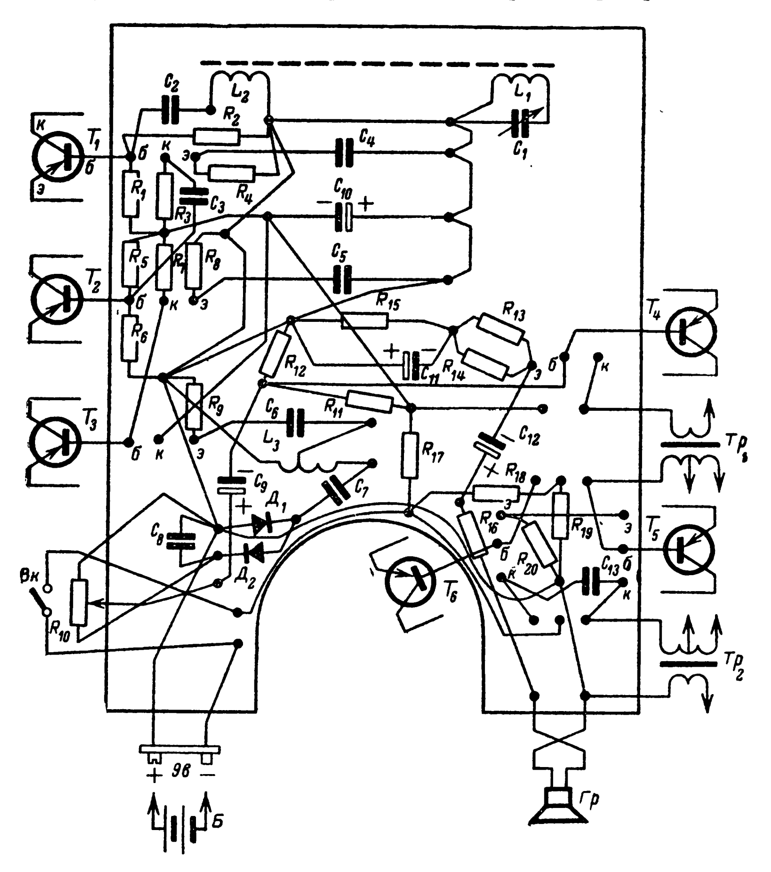


Рис. 40.

лись детали и т. п., о чем я подробно уже рассказывал. По отработанной монтажной схеме изготовляют монтажную плату из листового текстолита или гетинакса толщиной 1,5—2 *мм*.

Как ты помнишь, в нашем приемнике два органа управления: конденсатор C_1 (настройка приемника на нужную частоту) и резистор R_{10} (регулятор громкости), причем последний объединен с выключателем питания *Вк*. На оси этих деталей надевают рифле-

ные диски (например, из органического стекла), диаметр которых выбран с таким расчетом, чтобы края дисков выступали за края платы и стенки футляра приемника (рис. 39). Вращая диски за выступающие ребра, можно будет производить настройку приемника. Не забудь, что у резистора R_{10} (регулятора громкости) должен быть выключатель, поэтому постарайся достать именно такой резистор (лучше всего от какого-нибудь транзисторного приемника); в крайнем случае придется установить отдельный выключатель, например, малогабаритный тумблер.

Когда приемник будет собран, припомни все, что мы говорили выше о проверке монтажа. После тщательной проверки монтажа можно включить питание.

Теперь надо наладить приемник. С налаживанием усилителя низкой частоты ты уже знаком. Усилитель же высокой частоты практически не требует налаживания, надо только проверить режим работы транзисторов с помощью тестера или авометра. О том, как подбирать режим работы транзисторов, мы уже говорили.

Если режим транзисторов правильный и усилитель низкой частоты работает нормально, а общий ток приемника, потребляемый от батареи, не превышает 10—12 *ма* (значительно больший потребляемый ток указывает на ошибку в схеме, неисправный транзистор или какое-либо замыкание), то можно попытаться проверить работоспособность приемника в целом. Для этого регулятор громкости надо установить в положение наибольшей громкости и, медленно поворачивая диск конденсатора настройки C_1, постараться принять какую-либо радиостанцию. Если это не удастся, то надо еще раз проверить правильность монтажа и деталей. С помощью омметра или простейшего пробника (например, батарейки от карманного фонарика и лампочки) надо выяснить, нет ли обрыва в проводах катушек L_1, L_2 и L_3. Возможно, что неисправен какой-либо высокочастотный транзистор или диоды детектора. Об исправности транзистора обычно можно судить по его режиму, а диоды следует проверять с помощью омметра.

Когда радиостанция принята, надо, поворачивая приемник, найти положение, при котором громкость приема будет наибольшей. Такая зависимость громкости от положения приемника объясняется тем, что магнитная антенна приемника обладает наибольшей чувствительностью в том случае, когда ее ось расположена горизонтально и перпендикулярно направлению на принимаемую радиостанцию.

Несколько слов о настройке контура L_1C_1. Как ты помнишь, контур L_1C_1 при перестройке захватывает и длинноволновый, и средневолновый диапазоны. Но так контур будет перестраиваться только в том случае, если ты намотал катушку L_1 именно так, как нужно, а емкость конденсатора C_1 изменяется в пределах 5—350 *пф*. Если же ты отошел от этих условий, то диапазон перестройки контура L_1C_1 изменится. Например, может случиться, что при уменьшении емкости конденсатора C_1 радиовещательные станции вдруг пропадают и какая-то часть диапазона оказывается заполненной «морзянками». Это означает, что диапазон настроек контура L_1C_1 сдвинут в высокочастотную сторону, т. е. за 1 600 *кгц*. Поэтому надо его сдвинуть в сторону более «длинных волн», увеличив число витков катушки L_1. Может случиться и так: в вечернее время надо ожидать разкого увеличения числа дальних радиостанций в высокочастотной части диапазона настройки контура L_1C_1 (в средневол-

новом диапазоне), но этого не происходит, — вечером слышны почти те же радиостанции, что и днем. Это значит, что настройка контура L_1C_1 смещена в низкочастотную часть диапазона, т. е. приемник работает только в длинноволновом диапазоне. В этом случае настройку контура L_1C_1 надо сдвинуть в сторону «средних волн», для чего уменьшают число витков катушки L_1. Но только имей в виду, что отматывать и доматывать витки надо понемногу — не более 2—5 витков за один раз.

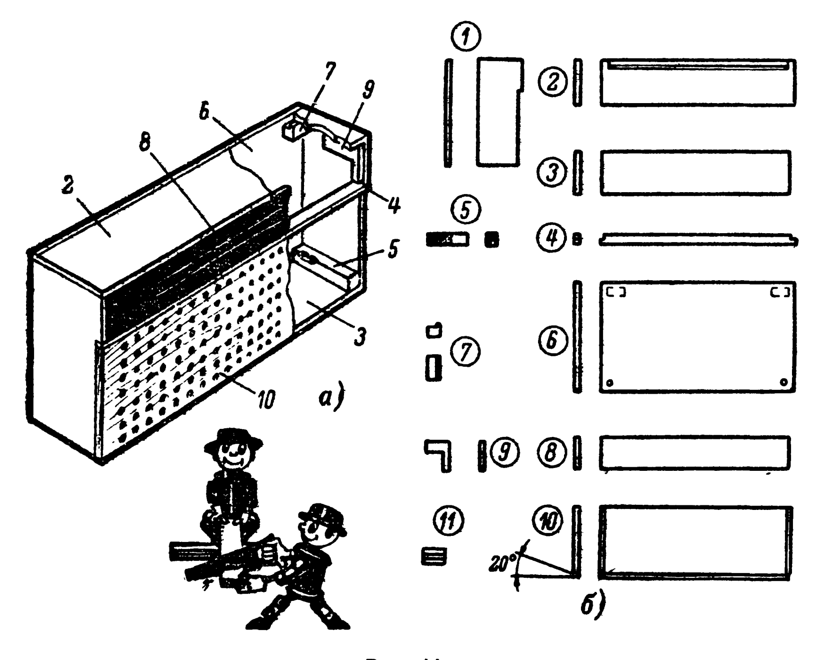


Рис. 41.

Вообще полезно поэкспериментировать с подбором числа витков катушки L_1: выбрать именно такой диапазон настройки контура L_1C_1, в котором слышно наибольшее количество интересных радиостанций.

Наладив приемник, надо поместить его в футляр (рис. 41). Конечно, лучше всего купить готовый пластмассовый футляр для карманного приемника, если только его размеры позволяют установить в нем приемник. Но если хочешь, можно сделать футляр самостоятельно из органического стекла — ведь это простая коробка с крышкой. Оргстекло надо взять непрозрачное или после изготовления футляра окрасить его с внутренней стороны. Склеивают органическое стекло с помощью дихлорэтана. Одна из возможных конструкций футляра приведена на рис. 41.

Вот ты и построил свой первый радиоприемник. Согласись, что это было не просто, пришлось подумать, многому научиться, кое-что

переделать. Но было интересно, правда?! А дальше будет еще интереснее. Ведь радиолюбительство — это творчество, со всеми его радостями и неудачами, успехами и огорчениями. И я завидую тебе — ты стоишь в самом начале увлекательного пути, тебе еще так много интересного предстоит узнать, так многому научиться.

И мы с тобой обязательно встретимся: в «Массовой радиобиблиотеке» выйдут книги для юных радиолюбителей. Они помогут тебе стать настоящим радиолюбителем-конструктором. Среди них будут книги о том, как монтировать и налаживать приемники, описание конструкций, которые ты сможешь повторить, книги о радиоизмерениях, необходимых даже начинающему радиолюбителю, и описание простых измерительных приборов. Мы надеемся, что если у твоих родителей есть старый радиоприемник, то они подарят его тебе, а мы научим тебя, как его починить и сделать более современным. Если у тебя есть братишка или сестренка, то мы расскажем, как сделать для них увлекательную радиоигру. Словом, мы постараемся тебе помочь, но и ты помоги нам: пиши, все ли ты понял, в чем у тебя затруднения, какие выпуски «Массовой радиобиблиотеки» тебя заинтересовали, о чем нам нужно писать специально для тебя в книгах для юных радиолюбителей. *Наш адрес: Москва, М-114. Шлюзовая наб., Издательство «Энергия», Редакция «Массовая радиобиблиотека».*

● ● ●

Оглавление

• • •





Цена 19 коп.

